

**ANDRÉ LUIZ FERREIRA COSTA**

**Avaliação da articulação temporomandibular (ATM) com  
reconstrução multiplanar de imagens por ressonância magnética  
em pacientes com e sem cefaléia associada à desordem  
temporomandibular**

**CAMPINAS**

**Unicamp**

**2008**

**ANDRÉ LUIZ FERREIRA COSTA**

**Avaliação da articulação temporomandibular (ATM) com  
reconstrução multiplanar de imagens por ressonância magnética  
em pacientes com e sem cefaléia associada à desordem  
temporomandibular**

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da  
Faculdade de Ciências Médicas da Universidade  
Estadual de Campinas para obtenção do título de  
Doutor em Fisiopatologia Médica, área de  
concentração em Neurociências

**ORIENTADOR: PROF. DR. FERNANDO CENDES**

**CAMPINAS**

**Unicamp**

**2008**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA UNICAMP**

Bibliotecário: Sandra Lúcia Pereira – CRB-8ª / 6044

C823a      Costa, André Luiz Ferreira  
Avaliação da articulação temporomandibular (ATM) com  
reconstrução multiplanar de imagens por ressonância magnética em  
pacientes com e sem cefaléia associada à desordem temporomandibular  
/ André Luiz Ferreira Costa. Campinas, SP : [s.n.], 2008.

Orientador : Fernando Cendes  
Tese ( Doutorado ) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade  
de Ciências Médicas.

1. Articulação temporomandibular. 2. Processamento de imagens.  
3. Ressonância magnética. I. Cendes, Fernando. II. Universidade  
Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

**Título em inglês : TMj evaluation with multiplanar reconstruction in patients  
with and without headache associated to temporomandibular disorder**

**Keywords:** • Temporomandibular joint  
• Image processing  
• MRI

**Titulação: Doutor em Fisiopatologia Médica**  
**Área de concentração: Neurociências**

**Banca examinadora:**

**Prof. Dr. Fernando Cendes**  
**Prof. Dr. Roberto José Maria Covolan**  
**Prof. Dr. Alexandre Xavier Falcão**  
**Profa. Dra. Karina Lopes Devito**  
**Profa. Dra. Andréa de Castro Domingos**

**Data da defesa: 26- 02 - 2008**

---

## Banca examinadora da tese de Doutorado

---


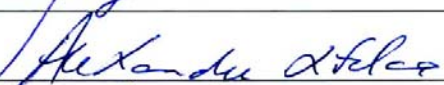

---

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Fernando Cendes

---



<b>Membros:</b>
Professor (a) Doutor (a) Roberto José Maria Covolan
Professor (a) Doutor (a) Alexandre Xavier Falcão
Professor (a) Doutor (a) Karina Lopes Devito
Professor (a) Doutor (a) Andréa de Castro Domingos

Curso de pós-graduação em Fisiopatologia Médica da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

---

Data: 26/02/2008

---

## AGRADECIMENTOS

---

Ao **Prof. Dr Fernando Cendes**, exemplo de inteligência e capacidade profissional, minha gratidão pelo incentivo e, principalmente, por ter acreditado na minha pessoa e na capacidade do trabalho científico.

Aos amigos do Laboratório de Neuroimagem, **Andréa, Anelyssa, Beth, Catarina, Clarissa, Fabrício, Prof Li, Livia, Luiz, Márcia, Marcondes, Maurício, Nathalia, Sérgio, Sérgio Lúcio, Simone e Wagner** pelos bons momentos de descontração, divertimento e, principalmente, pela carinhosa amizade, cujo valor não tem preço.

Ao **Felipe**, pela confiança, apoio e estímulo.

Aos dentistas do Serviço de Odontologia do Hospital de Clínicas da UNICAMP, **D<sup>ra</sup> Laura D' Ottaviano, D<sup>ra</sup> Daniela Samara e Dr Bruno Belline**, pela gentileza e ajuda na seleção dos pacientes.

Às biomédicas do Serviço de Ressonância Magnética do Hospital de Clínicas da UNICAMP, **Bianca, Cristina e Tatiane**, pelo auxílio no desenvolvimento da etapa experimental deste trabalho.

À **FAPESP** pela concessão da bolsa de estudos (processo #04/02090-8).

	<b>PÁG.</b>
<b>RESUMO.....</b>	<i>xiii</i>
<b>ABSTRACT.....</b>	<i>xvii</i>
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	21
<b>2- REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	25
<b>3- OBJETIVOS.....</b>	39
<b>4- MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	43
<b>5- RESULTADOS.....</b>	53
<b>6- DISCUSSÃO.....</b>	103
<b>7- CONCLUSÕES.....</b>	109
<b>8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	113

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

<b>ATM</b>	Articulação(ções) temporomandibular(es).
<b>DI</b>	Desarranjo interno.
<b>DTM</b>	Desordem(s) temporomandibular(es).
<b>FOV</b>	Field of view (campo de visão).
<b>IRM</b>	Imagens por ressonância magnética.
<b>RM</b>	Ressonância Magnética.
<b>T</b>	Tesla. É a unidade de <u>densidade de fluxo magnético</u> (ou <u>indução magnética</u> ) no <u>SI</u> . A unidade recebeu o nome de <u>Nikola Tesla</u> , cientista <u>sérvio</u> que contribuiu com inúmeros estudos no campo do <u>eletromagnetismo</u> . 1 T = 10.000 G (Gauss, unidade antiga de medida de campo magnético).
<b>T1</b>	Tempo de relaxamento longitudinal, parâmetro utilizado na realização em exames de imagens por RM. Corresponde ao tempo necessário para que a magnetização longitudinal retorne a 63% de seu valor inicial.
<b>T2</b>	Tempo de relaxamento transversal, parâmetro utilizado na realização em exames de imagens por RM. Corresponde ao tempo necessário para que a magnetização transversal diminua de 63%.
<b>TE</b>	Tempo de echo: duração entre o pulso e a recepção do sinal de ressonância magnética.
<b>TR</b>	Tempo de repetição: duração do intervalo entre os trens de impulso em alta frequência.

# RESUMO



O presente trabalho teve como objetivo verificar o uso da reconstrução em três dimensões da articulação temporomandibular (ATM) em imagens geradas por ressonância magnética (RM) em indivíduos com desordem temporomandibular (DTM) e cefaléia e DTM sem cefaléia. Para tal, um grupo de 42 pacientes com DTM e desarranjo interno (DI) unilateral e um grupo controle (sem DTM e DI) de 18 indivíduos foram selecionados. O grupo de 42 indivíduos citado foi dividido em presença de cefaléia e ausência de cefaléia, contendo cada um 21 indivíduos, analisados a partir da classificação da *International Headache Society*. Todos os indivíduos foram submetidos ao exame por ressonância magnética das ATM e as imagens digitalizadas para reconstrução em 3 dimensões (3D) e reformatação multiplanar através de um *software* para avaliar estruturas anatômicas (disco, côndilo e osso temporal) e diferentes possibilidades quanto à posição dos componentes da articulação. Os resultados mostraram que o diagnóstico da posição do disco foi equivalente na IRM e na reconstrução em 3D, revelando uma concordância aceitável ( $p= 0.9$ ) entre os achados de IRM e de reconstrução em 3D no grupo controle e pacientes. Foi encontrada uma diminuição significativa dos volumes dos discos das ATM do grupo paciente, o lado afetado pelo DI apresentou frequentemente com efusão e volume significativamente menor, quando comparado ao disco do outro lado ( $p < 0.001$ ), assim como o volume dos discos do lado afetado pela DI dos pacientes que possuíam bruxismo ( $p < 0.001$ ). Os volumes dos discos do lado afetado dos pacientes foram menores quando comparado com um dos lados dos discos do grupo controle ( $p < 0.001$ ). Em relação à análise clínica e visual, bruxismo foi mais relatado nos pacientes com cefaléia ( $p < 0.012$ ). Foi encontrada uma significativa associação entre cefaléia e efusão articular ( $p < 0.012$ ). Pacientes com maior grau de DI, também tiveram maior frequência de efusão ( $p < 0.012$ ). Os resultados encontrados neste estudo mostram que a reconstrução em 3D mostrou-se eficaz e didática para compreensão do DI na ATM; que a efusão articular tem participação na patologia da cefaléia presente em indivíduos com DTM. Quanto à diminuição do volume dos discos articulares em pacientes com DTM, estes resultados revelam que estão relacionados com a presença de efusão articular e bruxismo nestes indivíduos.

**Palavras-chave:** Articulação temporomandibular, Imagens por ressonância magnética, Processamento de imagens.

# **ABSTRACT**

The aim of the present work was to evaluate a 3D reconstruction method of the temporomandibular joint by magnetic resonance imaging. The sample comprised of 42 individuals, 21 diagnosed with unilateral temporomandibular joint internal derangement (TMJ ID) and headache, 21 diagnosed with unilateral TMJ ID without headache. Eighteen individuals without signs or symptoms of temporomandibular disorders or headache (control group) were included. The subjects with headache were evaluated by a neurologist, who performed a neurological examination by International Headache Society. All subjects were submitted TMJ magnetic resonance imaging (MRI). Three dimensional imaging reconstructions of temporomandibular joint were generated by segmentation software, allowing visualization of the components of temporomandibular joint (articular disc, condyle and temporal bone) on arbitrary planes. The diagnosis of disc position was equivalent in RM and in the three-dimensional reconstruction, disclosing an acceptable agreement for diagnostic accuracy ( $p = 0.9$ ) between MRI findings and 3D reconstruction in control group and patients group. We found a significant decrease of TMJ disc volumes in the group of patients with TMD compared to the control group ( $p < 0.001$ ). In addition, disc volumes were significantly smaller in joints from patients with effusion versus those without it ( $p < 0.001$ ); as well as in patients with bruxism behavior compared those without it ( $p < 0.001$ ); disc volumes of TMJ affected side when compared with any controls's side ( $p < 0.001$ ). With regard to clinical and visual analyses, bruxing behavior was most frequently reported by patients with headaches ( $p < 0.012$ ). A significant association between headache and temporomandibular joint effusion ( $p < 0.012$ ) was noted. Patients with more severe disc displacement also had a higher frequency of effusion ( $p < 0.001$ ). Thus, we concluded that 3D reconstruction is a useful and accurate method for the assessment of the ID TMJ and there is reduction of TMJ disc volume in patients with TMJ ID with joint effusion and/or bruxism.

**Keywords:** Temporomandibular joint, Image processing, MRI

## **1- INTRODUÇÃO**

A desordem temporomandibular (DTM) é um termo que abrange um número de condições clínicas que envolve a articulação temporomandibular (ATM), músculos mastigatórios e estruturas associadas (Palla, 2004). Estas alterações estão associadas com achados clínicos como dor, sons da articulação e desvios da mandíbula.

Sua etiologia é multifatorial e pode estar ligada a: alterações na oclusão, lesões traumáticas ou degenerativas da ATM, problemas esqueléticos, fatores psicológicos e hábitos deletérios (Dalkiz et al., 2001). As disfunções podem ser classificadas em extra e intra-articulares ou disfunções dos músculos mastigatórios e disfunções intra-articulares (Farsi, 2003).

A dor é uma característica comum e a que causa maior desconforto nos indivíduos, podendo ocorrer como cefaléia, dor facial ou dor na própria articulação (Schellhas et al, 1989), sendo que a dor de cabeça foi uma queixa que atingiu 63% dos indivíduos sintomáticos pesquisados por Cacchiotti et al., em 1991.

Em 1996, Solberg et al., considerou a cefaléia como o mais importante sintoma da DTM. As cefaléias primárias são as que ocorrem sem etiologia demonstrável por exames clínicos ou laboratoriais usuais, sendo os principais exemplos a migrânea, cefaléia tipo tensão e cefaléia em salvas (Speciali, 1997). As cefaléias secundárias às DTM incluem-se neste último grupo, manifestando-se clinicamente com sintomas de cefaléia migrânea e tipo tensão. Entretanto, vários autores relatam que ao tratar a DTM e hábitos parafuncionais, obtiveram sucesso no tratamento de pacientes diagnosticados com migrânea (Forssell et al., 1988; Lamey et al., 1987; Shankland, 2001; Melis & Secci, 2006).

Os pacientes acometidos pela desordem temporomandibular necessitam de um exame clínico completo e um longo relato da doença é necessário para determinar os fatores etiológicos, já que as causas são complexas e específicas para cada indivíduo (Palla, 2004).

O diagnóstico e tratamento da desordem temporomandibular une um conjunto de especialidades, tais como a odontologia, reumatologia, neurologia e otorrinolaringologia (Kaplan et al., 1991). Para facilitar o diagnóstico, exames radiográficos, tomografia

computadorizada e ressonância magnética (RM) são usados rotineiramente para se obter imagens da ATM.

Entretanto, as duas primeiras técnicas são limitadas porque detectam apenas tecidos duros e ainda expõem o paciente à radiação ionizante (Chu et al., 2001). O uso da RM na aquisição de imagem da ATM possui a vantagem sobre as outras modalidades na capacidade da técnica de produzir imagens de tecido moles e duros sem o uso da radiação (Rayne, 1987). A RM fornece informações mais apuradas da ATM, como deslocamento de disco, presença de osteoartrite, deformidades do disco e outras condições patológicas envolvendo os tecidos moles que formam ou se relacionam com esta articulação. Os achados através da RM, quando comparados com achados cirúrgicos, observações histológicas e anatômicas decorrentes de necropsia, mostram-se fidedignos, sendo considerada como tendo maior eficácia em relação a qualquer técnica (Tasaki et al., 1993). Yang et al. (2002) afirmam que nas últimas décadas, o diagnóstico por imagens da ATM tem se desenvolvido com extrema rapidez. Estes avanços incluíram a artrografia, a tomografia computadorizada e as imagens por ressonância magnética (RM).

Atualmente, o uso de avançados softwares de computadores permitem transformar os dados das imagens em duas dimensões da RM em três dimensões (3D), o que possibilita reconstruir os componentes anatômicos da ATM detalhadamente (Chu et al., 1995), detectando anormalidades do osso ou dos tecidos moles que, pela limitação das imagens em duas dimensões, passariam despercebidas.

## **2- REVISÃO DA LITERATURA**

## 2.1- Desordens Temporomandibulares

Dentre os sinais e sintomas presentes nas desordens temporomandibulares (DTM), Molin et al., em 1976, avaliaram através de questionário e exame clínico a frequência dos sintomas de desordens temporomandibulares (DTM) em 253 jovens suecos, de idades entre 18 e 25 anos. Observou-se pelo questionário que os ruídos articulares foram citados em 14% da amostra; dor de cabeça por 11%; apertamento dentário em 10%; dor na região lateral das ATM em 5%; movimentos mandibulares irregulares e alterações na abertura bucal em 5%; sendo ainda citados bruxismo em 4%; dor a movimentos mastigatórios em 3%, dor em abertura máxima em 3% e dificuldade em realizar movimentos mandibulares em 2% da amostra. Ao exame clínico, observou-se que 2,3% apresentavam dificuldades ou dor em realizar movimentos mandibulares; o desvio estava presente em 8%, ruídos em 8%, sendo que destes, o estalido era o mais freqüente; a sensibilidade à palpação nas ATM foi observada em 7%, enquanto que a sensibilidade aos músculos mastigatórios em 13% da amostra.

Carlsson et al., em 1982, analisaram 237 mulheres e 113 homens em relação aos sinais e sintomas de DTM, com idades variando entre 12 e 80 anos. Previamente os indivíduos da amostra haviam preenchido um questionário sobre saúde geral e psíquica, além de suas condições educacionais e sociais. Observou-se que 43% apresentavam dores de cabeça; 40 % estalo; 38% dores na região da face; 32% dores durante os movimentos mandibulares; 29% dificuldades em abertura da boca, 8 % crepitação. Concluíram que os indivíduos pertencentes a condições sociais desfavoráveis relataram mais dores na face e mandíbula e que indivíduos com problemas gerais de saúde, como problemas nervosos e psíquicos, apresentaram mais sintomas de DTM.

Em 1985, Katzberg et al. descreveram suas experiências preliminares com imagens por RM da ATM, utilizando bobinas de superfície, e demonstraram condições normais e anormais do disco articular, com excelente correlação com a artrografia. Os autores relataram a capacidade promissora da RM como modalidade diagnóstica não invasiva para a ATM.



Também em 1985, Harms et al. examinaram 115 ATMs de 67 pacientes com imagens por RM de alta resolução, utilizando bobinas de superfície. Os achados em imagens por RM correlacionaram-se com os achados em radiografias convencionais e exames clínicos e 15 pacientes tiveram confirmação cirúrgica.

Em um estudo com a finalidade de se avaliar a prevalência de sinais e sintomas de DTM, Wanman et al., em 1986, usaram uma amostra de 285 jovens, sendo 146 do sexo masculino e 139 do sexo feminino. Um questionário foi respondido em relação a suas dores faciais, problemas temporomandibulares, e saúde geral. Neste, 5% responderam não apresentar boa saúde; dores de cabeça foram relatadas em 16,9% das mulheres e em 5,9% dos homens. Em relação aos sinais e sintomas de DTM, o ruído articular foi o sinal mais freqüente (13% dos indivíduos), cansaço muscular foi observado em 6% dos indivíduos, dores de cabeça em 12% e hábitos parafuncionais em 68%.

Schellhas et al em 1989 estudaram 100 pacientes com dor e/ou sensibilidade à palpação na ATM, crepitação, travamento ou problemas oclusais, dos quais 64 apresentavam dor facial ou cefaléia. Nas imagens por RM foi encontrado deslocamento de disco, em 94 ATM, efusão em 88 ATMs. Os autores concluíram que desarranjo interno e alterações inflamatórias de ATM deveriam ser consideradas em pacientes com cefaléia e/ou dor facial, mesmo na ausência de sintomas mecânicos.

Kaplan et al., 1991, relatam que o início dos estudos das desordens intracapsulares das ATM não possuem uma origem recente. A primeira descrição das estruturas dos desarranjos internos na ATM foi publicada em fins do século XIX, correlacionando os sintomas clínicos às disfunções estruturais. Estes autores descreveram a observação de sintomas clínicos, nas regiões dos seios da face, ouvido e da cabeça relacionadas a desarranjos das ATM, sendo que problemas foram referidos a perdas precoces de molares e conseqüente overbite. Concluiu-se que o trauma no disco articular era devido a seu constante movimento para trás e para frente levando a sua perfuração e a compressão da tuba auditiva, causando a injúria de diversos nervos na área. Entretanto, esta teoria não era capaz de explicar aqueles casos nos quais os sintomas eram inicialmente nos músculos da mastigação. Nos Anos 50, alguns autores observaram os espasmos nos músculos mastigatórios como sendo resultado da tensão e do estresse destes. Os vários

sintomas, no anos 60 foram reunidos em uma Síndrome denominada de “Síndrome da dor e disfunção miofacial”, dando maior ênfase ao sistema neuromuscular que ao da própria estrutura da articulação temporomandibular e oclusão. Várias investigações continuaram sendo realizadas a respeito do deslocamento de disco e de estalidos, e através do advento da artrografia, possibilitou-se visualizar a presença do disco deslocado. Nos Anos 80, porém através da tomografia computadorizada e dos exames por ressonância magnética, além do uso da artroscopia, antes usada apenas em cirurgias de joelhos, houve um progresso considerável tanto no diagnóstico, como plano de tratamento dos desarranjos internos nas ATM.

Em 1992, Oliveira avaliou os sintomas subjetivos de desordens crânio-mandibulares em 600 pacientes. A amostra foi dividida quanto ao sexo, sendo 82,83% do sexo feminino, 17,17% do sexo masculino; e em relação à faixa etária. A maior prevalência ocorreu em pacientes da terceira década de vida. Em relação aos sintomas, 42% da amostra apresentou dor na região da ATM; 26% ruído articular (mais freqüente em homens); 15,5% dor na face e 12,1% dor de cabeça (mais freqüente em mulheres).

Segundo Okeson em 1993, os deslocamentos do disco articular podem trazer como consequência limitação da abertura da boca, ou desviar a mandíbula para o lado afetado. Estes distúrbios podem se originar de fatores estruturais e neuromusculares e podem ser determinados por fatores oclusais com deslocamento da mandíbula, alterações neuromusculares ou situações traumáticas.

Os sinais e sintomas de 100 pacientes com queixas de alterações compatíveis a desordens temporomandibulares foram avaliados por Fonseca em 1994. O músculo pterigóideo lateral apresentou a maior sensibilidade à palpação, seguido pelo masseter superficial, temporal anterior e pterigóideo medial. Cefaléia foi relatada em 72% da amostra. Foi observada no estudo a relação entre os índices de anamnese propostos e o exame físico para diagnóstico das desordens temporomandibulares, sendo o grau de confiabilidade dos exames de 95%.

Sano et al., em 1995, estudaram 48 ATMs de 33 pacientes e mediram a intensidade de sinal no tecido retrodiscal em T2. Os autores encontraram uma grande associação entre a intensidade de sinal e dor na articulação, podendo refletir o aumento de vascularidade e inflamação do tecido articular.

Held et al., em 1996, descrevem os movimentos funcionais da articulação temporomandibular como sendo a combinação entre movimentos rotacionais e de translação. Segundo estes autores, em posição de repouso, o disco articular repousa sua banda posterior coincidente à região do ápice da cabeça da mandíbula a (posição denominada de “12 horas”). Com o movimento de rotação da cabeça da mandíbula, o disco muda sua posição para posterior, de modo que sua zona intermediária central (mais delgada) passa a repousar no ápice da cabeça da mandíbula. Consecutivamente, o conjunto disco-cabeça da mandíbula translada para frente, concluindo a fase de abertura, tendo a banda anterior do disco interposta entre o ápice da cabeça da mandíbula e o do tubérculo articular. Os desarranjos internos na articulação temporomandibular podem ser definidos como relações anatômicas anômalas entre disco articular, cabeça da mandíbula, fossa da mandíbula e tubérculo articular, bem como alterações em suas formas e estruturas. Os autores citam o deslocamento anterior do disco como o mais freqüente distúrbio. Entretanto, estes deslocamentos podem ocorrer em várias direções e passar por fases progressivas e estágios clínicos, resultando em deformações das estruturas ósseas componentes da articulação temporomandibular. Estes estágios podem ser visualizados através dos exames por ressonância magnética. O diagnóstico destes desarranjos internos, segundo estes estudiosos, baseia-se na forma anormal e função do disco articular. Esse trabalho ressalta os estágios pelos quais os desarranjos internos passam progressivamente a partir de sua instalação, detectados em imagens por ressonância magnética. Inicialmente, há um deslocamento de disco com redução durante a fase de abertura bucal; posteriormente em uma fase intermediária, há o deslocamento do disco articular, porém sem que haja sua redução na abertura bucal e por fim, em uma fase mais adiantada do desarranjo interno, há alterações ósseas, adesões e deformações severas do disco. Uma fase mais avançada ainda caracteriza-se por perfurações e reabsorções bem como osteoartrose. Tasaki et al., em 1996, desenvolveram uma classificação para deslocamento de disco e estudaram a prevalência deste em 243 pacientes sintomáticos para

desordem temporomandibular e em 57 voluntários assintomáticos, através de exames de imagem por ressonância magnética. Disco na posição considerada normal foi observado, bilateralmente, em 18% dos pacientes e 70% dos voluntários. Disco deslocado, bilateralmente, em 12,3% dos voluntários e 58% dos pacientes. Os autores concluíram que deslocamento de disco pode estar presente em indivíduos assintomáticos e por isso nem sempre está associado à dor ou desordem. Porém, a presença de deslocamento de disco é significativamente maior em indivíduos com sintomas de desordem temporomandibular.

Palácios-Moreno et al., em 1997, examinaram 40 pacientes (33 mulheres e 07 homens) com idades variando entre 20 a 39 anos e constataram que os sinais e sintomas eram característicos de desordens da articulação temporomandibular. A dor articular, seguida de otalgia, dor muscular, cefaléia, ruídos articulares (sendo 76,2% estalido e 11,2% crepitação) e limitação funcional foram nesta ordem os mais prevalentes. Em relação à palpação muscular, os músculos com sensibilidade foram, em ordem decrescente: masseter superficial, pterigóideo lateral e inserção do temporal. Ressaltam ainda que a dor presente, associada à função principalmente, é uma característica de desordens temporomandibulares.

Em 1998, Foucart et al. realizaram um estudo de 732 articulações temporomandibulares, através de imagens por ressonância magnética de pacientes sintomáticos para desordens temporomandibulares. Através desse estudo, os autores determinaram a prevalência dos diferentes tipos de deslocamento de disco, previamente classificados por Tasaki et al. (1996). Como resultados, 545 articulações temporomandibulares apresentavam desarranjos internos, sendo destes 52% deslocamento anterior de disco sem redução; 26% deslocamento anterior de disco com redução e 4% aderência de disco. Dos pacientes com desarranjos internos, 63% apresentaram o problema bilateralmente reforçando o fato de que desarranjos internos bilaterais são mais frequentes que os unilaterais. Além disso, o estudo concluiu que o deslocamento anterior sem redução apresenta-se como o mais frequente entre os desarranjos internos temporomandibulares.

Em um estudo realizado em de 2000, Milano et al., analisaram a prevalência dos deslocamentos de disco e suas deformações através do estudo de imagens por ressonância magnética em pacientes sintomáticos em relação às desordens

temporomandibulares. O estudo consistiu no exame de 192 ATM pertencentes a 98 pacientes (67 do sexo feminino e 31 do sexo masculino). Foram analisadas imagens sagitais (boca aberta e fechada) e coronais (boca fechada) para determinar estas alterações. A análise destes deslocamentos foi subdividida em estática e dinâmica. Nos deslocamentos ditos estáticos, foram avaliados imagens sagitais mediais e laterais das ATM, juntamente com imagens coronais destas apenas em boca fechada. Seguindo a classificação proposta por Tasaki et al. (1996) foram classificados os deslocamentos em completo (anterior ou posterior), parciais (ântero-lateral ou ântero-medial), laterais (medial ou lateral) e rotacionais (ântero-lateral ou ântero-medial). Já a classificação dinâmica conjugou as imagens sagitais em boca fechada e aberta, a fim de se estudar o deslocamento como sendo com ou sem redução. Além disso, a forma do disco foi estudada nas imagens, sendo subdivididas em: espessamento da banda posterior, forma bicôncava reversa, forma biplanar e biconvexa. Como diagnóstico de lesões degenerativas, foi observado a presença de um ou mais dos seguintes sinais: alterações na forma e/ou tamanho da cabeça da mandíbula, mudanças nos espaços articulares e alterações dos sinais medulares ósseos nas imagens. Osteoartrose era considerada quando havia aplainamento ou erosão da superfície articular ou presença de osteófito, além de restrição dos espaços articulares ou perda de sinal da medular óssea próximo à região de aplainamento ou osteófito. Osteonecrose foi relacionada a extensas regiões de hiposinal medular com ou sem alterações morfológicas na cabeça da mandíbula. Osteocronrite relacionou-se a extensas áreas de hiposinal relacionadas à perda de parte ou totalidade da cartilagem. Como resultados, os autores encontraram que 80% dos indivíduos avaliados possuíam deslocamento bilateral, 15% unilateral e apenas 5% posicionamento normal do disco. O tipo de deslocamento mais prevalente foi o deslocamento anterior completo, sendo o menos prevalente os deslocamentos laterais. Houve redução em 58% dos casos de deslocamento de disco e em 26% não houve redução, sendo que 4% apresentavam redução incompleta e 12% não se pôde determinar o tipo. Os deslocamentos rotacionais foram aqueles que mais apresentaram tendência a sofrer redução e os laterais os que menos apresentaram. Observaram também que ATM com deslocamento de disco sem redução estavam correlacionadas a lesões ósseas e que a deformação mais freqüente do disco articular era a forma bi planar, sendo a menos freqüente o espessamento da banda posterior do mesmo. Os autores através dos resultados,

concluíram que houve uma alta prevalência de deslocamentos e deformidades dos discos articulares nas ATM estudadas, sendo que isto poderia ser responsável pela predisposição a osteoartrite.

Pesquisando as desordens de ATM em imagens por ressonância magnética, também no ano de 2001, Dalkiz et al. enumeram como possíveis causas para as desordens internas: doenças diversas das articulações, traumas, hereditariedade, tratamentos restauradores e protéticos nos dentes, fatores psíquicos além de anestésias gerais e condições profissionais. Acrescentam que dentre os achados clínicos mais comuns nos pacientes portadores destas desordens de ATM, estão: desarmonia oclusal, dor articular, presença de estalido, travamento mandibular, limitação da abertura bucal e dores de cabeça. Múltiplos fatores ambientais e orgânicos podem combinar entre si para o aumento do risco de desenvolver dor. Segundo os autores, a dor associada às desordens de ATM parece afetar mais o sexo feminino, citando esta relação com sendo de 08 mulheres afetadas para cada homem (8:1).

Em 2001, Larheim et al. compararam a prevalência e os tipos de deslocamento de disco articular em ATM de voluntários assintomáticos (62 indivíduos) e pacientes sintomáticos compostos por 58 indivíduos, todos com dor e muitos com cliking, crepitação e/ou travamento nas ATM, através do estudo de imagens por ressonância magnética. Como resultados, obtiveram que 78% das ATM dos sintomáticos apresentavam deslocamento de disco, o que ocorria apenas em 35% dos voluntários. O deslocamento completo de disco foi encontrado em 40% das ATM dos pacientes comparados a 2,4% que ocorreu nos voluntários. Deslocamentos parciais ocorreram em 22,6% das ATM dos pacientes e 21,8 % dos voluntários. A redução de disco na abertura bucal ocorreu em todos os voluntários, enquanto que nos pacientes ocorria em 76% das ATM. Através destes resultados, os autores concluíram que o deslocamento de disco foi menos freqüente nos voluntários assintomáticos e que os tipos de deslocamentos se diferenciavam nos dois grupos

Guler et al., em 2003, estudaram 102 ATM de 64 pacientes com deslocamento de disco e bruxismo. Trinta pacientes sem bruxismo, mas com desarranjo interno serviram como controle. As articulações foram classificadas como normais, com deslocamento de disco com redução, com deslocamento de disco sem redução e com deslocamento de disco

com ou sem redução associado alterações ósseas condilares. Os autores encontraram uma associação estatística entre as articulações com efusão; dor articular e os pacientes com bruxismo; dor na articulação e “click” na articulação.

## **2.2- Cefaléia**

Cefaléia é definida como a presença da sensação dolorosa na cabeça, pescoço e face, conforme *Ad Hoc Committee on Classification of Headache* em 1962. Ao redor de 76% da população já se queixou de dor de cabeça (Cacchiotti et al., 1991; Stovner, et al., 2006).

A International Headache Society (IHS) reconhece mais de 150 modalidades de cefaléias e estabeleceu uma terminologia com critérios de diagnóstico para as cefaléias primárias (incluem-se a cefaléia migrânea, a cefaléia tensional, a cefaléia em salvas, hemicranias paroxísticas crônica, cefaléia associada à atividade sexual, etc) e secundárias (de origem vascular, traumática, infecciosa, tóxica, associada ao uso de substâncias ou à sua retirada e por distúrbios metabólicos).

As cefaléias primárias são funcionais, devido a distúrbios cerebrais ou de neurotransmissores. O diagnóstico desse tipo de cefaléia é puramente clínico. Já a cefaléia secundária, com alterações estruturais devido a problemas anatômicos, necessita de exames complementares para seu diagnóstico.

Para o diagnóstico de cefaléia migrânea é necessário, de acordo com os critérios da IHS, a ocorrência de cinco crises (no mínimo) com as seguintes características: dor pulsátil ou latejante (podendo ser em pressão ou aperto) nas regiões frontais e temporais; geralmente unilateral; a intensidade vai de moderada a severa ou severa; geralmente incapacita o paciente para as suas atividades normais; piora com esforço ou atividades físicas e se inicia leve e progressivamente; as crises duram em média de 4 a 72 horas quando não são tratadas ou o são de forma ineficaz terminando de forma gradual.

A cefaléia tensional, de acordo com a IHS, caracteriza-se por uma, compressão; freqüentemente localizada na frente e/ou nuca e topo da cabeça; de intensidade leve a moderada, não comprometendo as atividades rotineiras diárias; habitualmente essa dor melhora com atividade física ou relaxamento; normalmente não há sintomas associados e alguns pacientes podem queixar-se de intolerância a ruídos mais intensos; a dor pode durar de horas a até 7 dias; a freqüência é variável, sendo que, em alguns casos, a dor pode ocorrer menos de uma vez por mês, enquanto em outros, mais de 15 dias ao mês na forma crônica.

### **2.3- Cefaléia e Desordens das Articulações temporomandibulares**

Magnusson & Carlsson, em 1978, analisando a relação entre cefaléia e sintomas clínicos relatados por 80 pacientes com DTM mostrou que os pacientes com DTM tinham maior freqüência e severidade de dor de cabeça do que os participantes do grupo controle; em ambos os grupos, as mulheres eram mais afetadas pela cefaléia e, a relação entre dor articular e cefaléia existia somente quando associada a comprometimento muscular.

Em 1981, Reik & Halm avaliaram 100 pacientes em uma clínica para tratamento de cefaléia procurando por características de DTM. Catorze pacientes foram identificados com DTM, na maioria mulheres jovens, com achados físicos e dor de cabeça significantemente diferentes dos sintomas associados com os pacientes só com cefaléia tensional e migrânea. Em relação à incidência de depressão, os pacientes diagnosticados com DTM se assemelhavam com os pacientes com cefaléia tensional. Achados radiológicos foram raros.

Kreisberg, em 1986, relata que a DTM é responsável por de 14% a 26% de todos os pacientes com cefaléia. O autor ainda relata que a dor de cabeça devido a desarranjos internos do disco articular tem início na frente e na região anterior da face e com dor de ouvido concomitantemente. Esse tipo de cefaléia, conclui, parece ser primariamente inflamatória na origem devido ao estiramento dos ligamentos retrodiscais com subsequente anteriorização do disco articular.



Shokker et al., em 1989, estudaram o sistema estomatognático de cinquenta pacientes com cefaléia crônica. Os achados foram semelhantes na maioria dos indivíduos, sendo que em 66% do grupo foi encontrada DTM de origem miogênica ou artrogênica.

Em 1990, Shokker et al., estudaram 100 pacientes com cefaléia crônica. Os indivíduos foram agrupados de acordo com a localização da cefaléia, diagnóstico neurológico e diagnóstico de DTM. Os autores encontraram uma grande relação entre a presença de cefaléia e DTM, independente do diagnóstico neurológico da cefaléia de cada paciente.

DeRossi et al., em 2005, discutiram a correlação entre cefaléia migrânea e DTM. Os autores verificaram que há uma relação entre DTM causada por desarranjo interno, bruxismo e esse tipo de cefaléia, além de uma sobreposição de efeitos causados pelas duas.

Melis & Secci, em 2006, tratando um paciente diagnosticado com cefaléia migrânea com aura, avaliaram que a dor de cabeça relacionava-se com a oclusão dental e hábitos parafuncionais. Ao tratar esses fatores, os autores minimizaram a cefaléia, concluindo que a avaliação dental é recomendada sempre para o diagnóstico de uma dor de cabeça.

Segundo Reik & Halm (1981) e Ash et al. (1988), cefaléia e disfunções temporomandibulares são problemas muito comuns isoladamente e, com frequência ocorrem concomitantemente. Magnusson & Carlsson (1978), Kreisberg, (1986) e Schokker et al. (1991) afirmam que esta frequência ocorre em torno de setenta por cento.

## **2.4- Reconstrução em 3 Dimensões da Articulação temporomandibular**

A utilização de softwares específicos permite que a partir da IRM se obtenha a reconstrução em terceira dimensão das estruturas do corpo humano. Nestas imagens, pode-se observar também os tecidos moles e suas relações com tecidos ósseos adjacentes. A reconstrução em 3D via computação gráfica tem sido estudada com o aperfeiçoamento da

qualidade da imagem, eficiência, versatilidade em diferentes aplicações envolvendo o complexo maxilo-mandibular.

Chu et al., em 1995, estudaram a reconstrução em 3D da ATM a partir de imagens de RM, utilizando um software de computador. As imagens em três dimensões permitiam múltiplos ângulos e coloração das estruturas em diversas cores. Os autores constataram que o modelo em 3D era fácil de ser reproduzido e fácil de ser interpretado.

Motoyoshi et al., em 1999, avaliaram a aplicabilidade de um software para reconstrução em 3D de imagens da ATM reduzindo a manipulação humana e erros de medição.

Em 2004, Kitai et al., estudaram um método de visualização em três dimensões da ATM de uma paciente com artrite crônica juvenil. Os autores concluíram que o recurso de imagem em 3 Dimensões melhora a visualização dos componentes da ATM e sua morfologia relacionada com a patologia da paciente.

Em outro estudo investigando a reconstrução 3 D de imagens da ATM através de RM, Chirani et al., em 2004, também avaliaram a mobilidade da articulação. Os autores conseguiram acompanhar e visualizar a articulação em função.

### **3- OBJETIVOS**

Este trabalho teve como objetivo avaliar, descrever e quantificar as alterações da ATM em pacientes com desordem temporomandibular, a partir de reconstrução computadorizada em 3 dimensões e reformatação multiplanar de imagens geradas por RM, correlacionando essas alterações à presença de cefaléia.

## **4- MATERIAL E MÉTODOS**

#### **4.1- Seleção da amostra**

Após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas, foram estudados 42 pacientes com DTM com desarranjo interno unilateral que procuraram tratamento no Serviço de Odontologia do Hospital de Clínicas da UNICAMP. Trinta e cinco pacientes eram do sexo feminino e sete do sexo masculino, com idades entre 16 e 83 anos.

O grupo controle foi constituído por 18 voluntários pertencentes ao quadro universitário da UNICAMP. Nenhum deles apresentava sinais e sintomas de DTM ou história de cefaléia que interferisse no seu dia a dia. Treze indivíduos eram do sexo feminino e cinco do sexo masculino, com idade entre 26 e 37 anos.

Os pacientes e voluntários foram informados quanto ao conteúdo e importância do estudo e convidados a participar do mesmo, podendo desistir a qualquer momento, sem prejuízo de seu tratamento. Todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento que inclui as informações sobre a pesquisa bem como a possibilidade de desistência da mesma em qualquer etapa de seu tratamento sem que venha sofrer prejuízos pela desistência.

##### **4.1.1- Critérios de exclusão**

Foram excluídos do estudo aqueles pacientes que fizeram uso de aparelho ortodôntico, portadores de doenças sistêmicas degenerativas, pacientes submetidos a tratamentos cirúrgicos em regiões da cabeça e pescoço ou que sofreram trauma nessa área e portadores de implantes metálicos.

#### **4.2- Critérios de diagnóstico clínico**

O diagnóstico clínico foi realizado de acordo com ficha clínica por dentistas especialistas em dores e disfunções temporomandibulares, em ambiente adequado para tal, que constava dos itens a seguir:

4.2.1- **Anamnese:** Através desta, obteve-se informações relativas ao sujeito da pesquisa como:

- a) Dados pessoais: idade, sexo, ocupação e características desta, estado civil, dentre outros;
- b) História médica pregressa: pesquisa de possíveis alterações sistêmicas, cirurgias as quais foi submetido, presença de alterações sistêmicas familiares, pesquisa de presença de cefaléia recorrente, dentre outros;
- c) Pesquisa de hábitos parafuncionais e ocupacionais: bruxismo/ranger os dentes, apertamento, onicofagia, morder objetos, mascar chicletes, uso contínuo de telefone/computador, dentre outros.

4.2.2. Exame físico:

Os seguintes exames clínicos foram realizados, com a finalidade de se pesquisar os sinais e sintomas de possíveis alterações temporomandibulares, seguindo-se as normas da RDC/TMD:

- 1. Movimento mandibular;
- 2. Palpação dos músculos da mastigação;
- 3. Palpação e auscultação das articulações temporomandibulares.

4.2.3- Avaliação neurológica das cefaléias:

Os pacientes selecionados foram divididos em dois grupos: com cefaléia e sem cefaléia. Um neurologista constatou e diagnosticou a cefaléia dos pacientes a partir da classificação da International Headache Society.

### 4.3- Aquisição das imagens.

As imagens foram realizadas em aparelho de Ressonância Magnética Elcint Prestige (Haifa, Israel), operando em 2 Teslas, com bobinas bilaterais de três polegadas de diâmetro específicas para ATM. O tempo total de aquisição de todas as imagens de cada exame (tempo de mesa) foi de aproximadamente 50 minutos.

Inicialmente, foram adquiridas 15 imagens axiais em T1W, boca fechada da região correspondente às ATM. Nestas, escolheu-se a imagem na qual a cabeça da mandíbula era mais bem visualizada (imagem localizadora ou corte localizador), a fim de que seu longo eixo fosse visualizado, com a finalidade de planejar os planos de aquisição das imagens sagitais, como será descrito a seguir:

1. Após localização dos longos eixos das cabeças da mandíbula, foi planejada a aquisição das imagens parasagitais seqüenciais, em T1, adquiridas primeiro com a boca em máxima intercuspidação (boca fechada) e posteriormente em máxima abertura bucal (boca aberta), mantida através da interposição de um bloco de borracha entre os incisivos superiores e inferiores. Foram adquiridas imagens parasagitais, seqüenciais (no sentido látero-medial), perpendiculares ao longo eixo da cabeça da mandíbula, o qual era identificado previamente nos cortes axiais localizadores.
2. Também foram adquiridas imagens parasagitais, seqüenciais em T2, em máxima intercuspidação dentária, para a avaliação de possíveis patologias como, por exemplo, a efusão.

O protocolo pré-estabelecido foi o seguinte:

Imagens sagitais 'spin echo' (SE) ponderadas em T1 (TR = 650 msec, TE = 22 msec, matrix = 316 x 240, flip 160°, espessura de 1,5 mm, field of view = 10x10, NEX 1) adquiridas em boca aberta e fechada. T2-weighted FSE sagital (TR = 5300 msec, TE = 90 msec, matrix = 216 x 216, flip 160°, espessura de 1,5 mm, field of view = 12x12, NEX 2) adquirida em boca fechada.



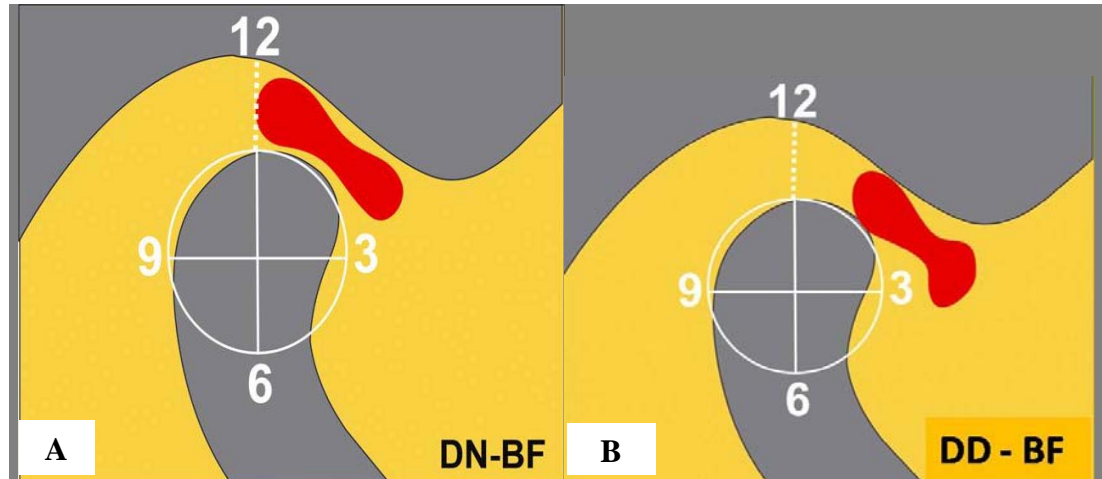
A manutenção da boca aberta em abertura máxima foi conseguida através da interposição de um bloco de borracha entre os incisivos superiores e inferiores.

Após a aquisição, todas as imagens foram transformadas do formato *DICOM* para o formato *ANALYZE* pelo software MRICro ([www.mricro.com](http://www.mricro.com)), o qual foi usado na visualização e avaliação pelo examinador. Durante a avaliação foi permitida a utilização das ferramentas do MRICro, como brilho e contraste.

#### **4.4- Análise das imagens**

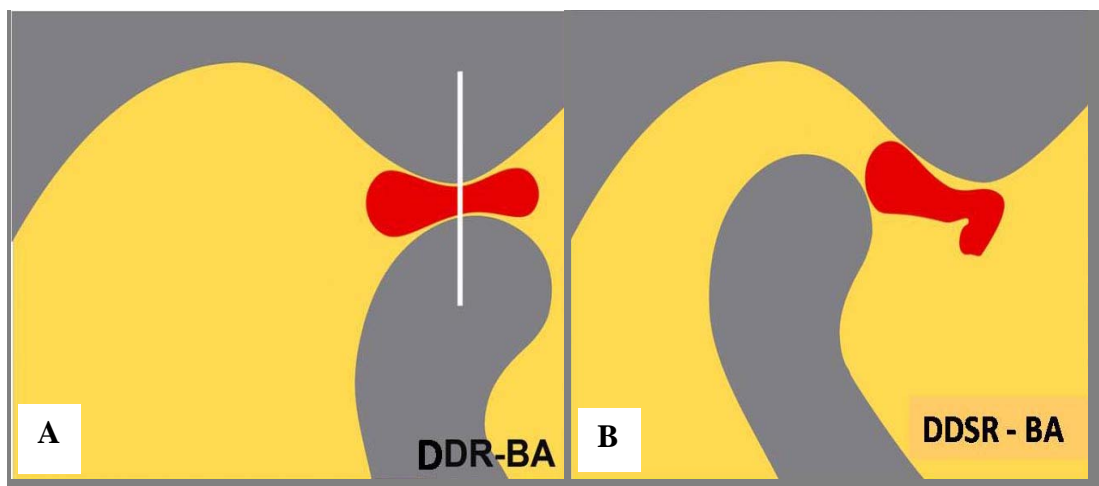
As imagens foram avaliadas por um único examinador analisando as seguintes variáveis: posição e função do disco articular; levando em consideração para tal, o seguinte protocolo:

- Para análise da posição do disco articular, avaliamos apenas as imagens parasagittais em T1 adquiridas em boca fechada. Foi considerada como sendo normal (DN), aquela posição do disco articular, na qual, a banda posterior do disco articular encontrava-se na posição de “12 horas” em relação à cabeça da mandíbula, em todas as imagens parasagittais referentes à ATM considerada (de lateral a medial). Caso contrário, havendo posicionamento diferente do citado, em uma ou mais imagens parasagittais analisadas, o disco articular era considerado deslocado (DD) (Larhein et al., 2005) (Figura 1).



**Figura 1-** Esquema evidenciando em imagens parasagittais com boca fechada (BF):  
A) Posição normal do disco (DN). B) Disco Deslocado (DD).

- Para a análise da função do disco articular, conjugou-se a posição do disco articular nas imagens parasagittais em boca fechada com aquelas em boca aberta, seguindo com o seguinte critério:
  - a) Em boca fechada, considerou-se como sendo posição normal (DN) do disco, aquela em que sua banda posterior, encontrava-se na chamada posição “12 horas” em relação ao ponto mais superior da cabeça da mandíbula, caso contrário, havia presença de deslocamento do disco (DD) (como citado anteriormente). Analisada esta etapa que evidenciava ou não a presença de deslocamento de disco, passava-se a um segundo critério, o qual era responsável pela avaliação da presença ou não de redução do disco (função do mesmo) em boca aberta, conforme descrito a seguir.
  - b) As imagens relativas à máxima abertura bucal eram analisadas após a primeira etapa, sendo considerada como posição normal do disco articular em boca aberta aquela em que sua zona intermediária encontrava-se interposta entre a cabeça da mandíbula e o ápice do tubérculo articular, dizendo-se que o disco apresentava redução (DDR) , caso contrário, o disco era considerado sem redução (DDSR) (Katzberg, 1989, Tasaki et al.,1996; Milano et al., 2000) (Figura 2).

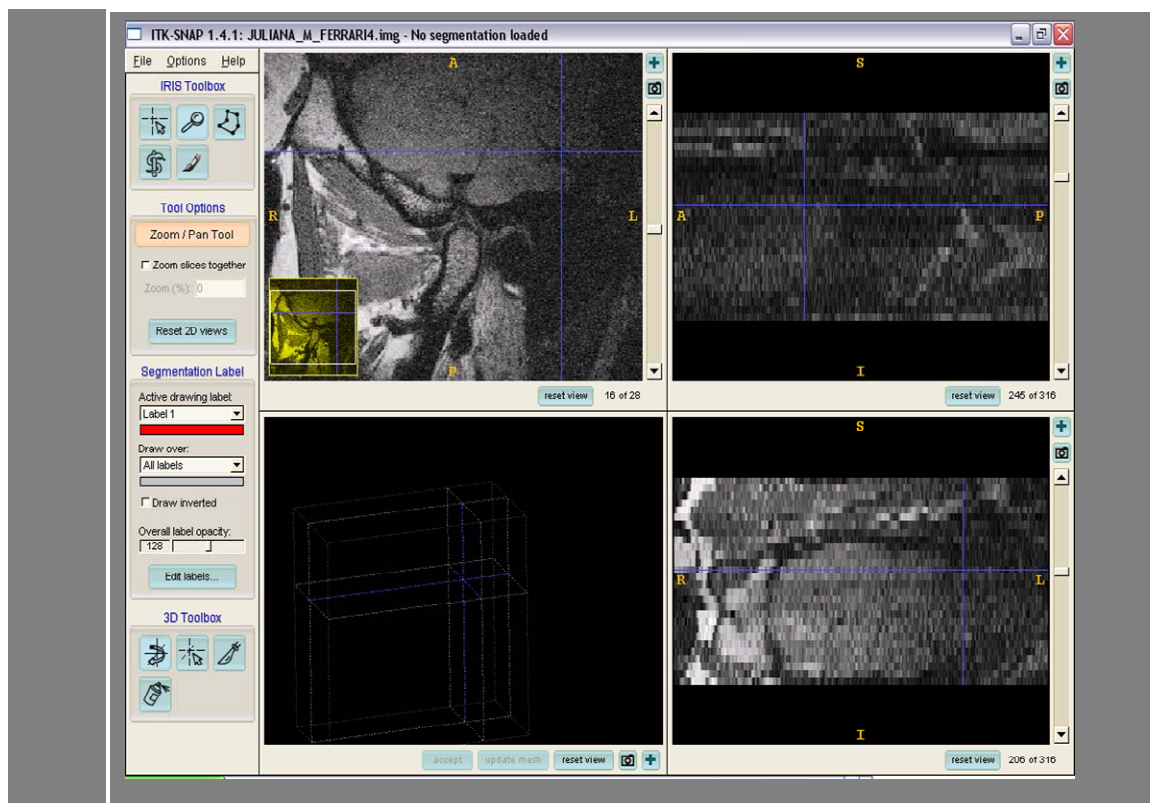


**Figura 2-** Esquema evidenciando em imagens parasagittais com boca aberta (BA):  
 A) Posição do disco com redução (DDR). B) Posição do disco sem redução.  
 (DDSR).

As alterações de sinais nas RMs são perceptíveis e identificadas como alterações vasculares por inflamação, edema intra-articular, degenerações de disco. A presença de sinais nos espaços articulares foi descrita quando havia pelo menos uma área de hiper-sinal (Westensson et al., 1992).

#### 4.4.1- Segmentação das imagens

Na segmentação das imagens utilizou-se um software para imagens médicas: ITK/SNAP (<http://www.itksnap.org/download/snap/>). Este *software* foi desenvolvido para a reconstrução tridimensional de estruturas do corpo humano a partir de regiões segmentadas em séries (chamadas de fatias ou slices) (Figura 3).



**Figura 3-** Interface do software ITK/SNAP.

O ITK/SNAP permite segmentação manual ou automática, delineando a estrutura anatômica escolhida em um dos três planos mostrados em sua tela (sagital, coronal e axial). Possui ainda a possibilidade de escolha da cor para cada estrutura desejada.

#### 4.4.2- Regras para a segmentação

O avaliador, sem conhecimento do estado clínico dos indivíduos, segmentou as seguintes estruturas da ATM: disco, côndilo e osso temporal. Era traçado uma linha nos limites de cada estrutura, uma por vez, englobando-a totalmente em cada fatia da IRM de cada paciente.

#### 4.4.3- Volumetria do disco articular

A obtenção do volume de cada disco articular foi conseguida também com ITK/SNAP.

#### **4.4- Análise dos dados**

Os achados referentes ao nosso trabalho estão apresentados na forma de artigos. Cada aspecto da avaliação recebeu um enfoque específico e os resultados serão apresentados nos 3 artigos a seguir.

## **5- RESULTADOS**

Inicialmente investigamos a associação entre os achados clínicos e por imagem com a presença de cefaléia. Os achados se encontram **no artigo 1.**

A comparação entre a análise das imagens de RM e da reconstrução em 3D está apresentada **no artigo 2.**

A volumetria dos discos articulares comparando com a análise visual e com a presença de bruxismo entre pacientes e controles é mostrada **no artigo 3.**

## ARTIGO 1

**The Journal of Contemporary Dental Practice, *in press***

**Title: Temporomandibular joint internal derangement: association among headache, joint effusion, bruxism and joint pain**

**Authors:** Andre Luiz Ferreira Costa, DDS, MS; Anelyssa D'Abreu, MD; Fernando Cendes, MD, PhD

**Affiliation:** Laboratory of Neuroimaging / Dept of Neurology, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, Brazil

**Address correspondence to:** Dr Fernando Cendes, Laboratory of Neuroimaging, Department of Neurology, State University of Campinas (UNICAMP), Cidade Universitaria Zeferino Vaz, CEP: 13083970, Campinas, SP, Brazil.

**Phone:** +55 19 3521-9217

**Fax:** +55 19 3521-7483

**E-mail:** fcendes@unicamp.br



## Introduction

Temporomandibular disorders (TMD) are frequent and widespread in the general population. The chief complaint is usually pain, which manifests itself in different ways: headache, jaw ache, earache and facial pain <sup>1-5</sup>. Seventy percent of TMD patients also report headaches <sup>6, 7</sup>. Headache is, however, a common complaint in the adult population <sup>7</sup> and the International Headache Society recognizes 13 major headache categories with more than a hundred subdivisions <sup>8</sup>.

Several studies showed an association between TMD and headache, even though a causal relationship is not fully established. Some patients with headache have signs and symptoms of TMD, while others with TMD have headaches <sup>6, 9-11</sup>. In addition recurrent headaches are independent of the neurological diagnosis of the headache syndrome <sup>11</sup>. A possible explanation is that TMD has common parafunctional habits, such as bruxing behavior, which could account for the headaches observed in those patients <sup>12, 13</sup>.

TMJ internal derangement (TMJ ID) is the most frequent type of TMD and is characterized by several stages of dysfunction that involve the condyle-disk relationship <sup>14, 15</sup> and it has been considered to be a basic mechanism in the pathogenesis of TMJ dysfunction. Two types of derangements of the condyle-disk complex are well known in sagittal Magnetic Resonance imaging: anterior disk displacement with reduction or anterior disk displacement without reduction. Magnetic Resonance imaging (MRI) studies suggested that the headache due to ID of the TMJ appears to be primarily inflammatory in origin due to stretching of the collateral diskal ligaments with subsequent anterior disk displacement <sup>16</sup>. Some studies also found a strong association between joint effusion and joint pain <sup>11, 17</sup> and observed that joint effusion is more often observed in more advanced stages of ID <sup>13, 18</sup>.

The aim of this study was to determine the MRI findings in patients with TMJ ID and to correlate these findings with headache, bruxism and joint pain.

## Subjects and methods

### Subjects

Forty-two consecutive patients with TMJ ID and joint pain gave written informed consent to participate in this study which was approved by the Institutional Review Board of our hospital. No subject, either patient or control refused to participate.

The study involved 42 joints in 42 patients (35 females, 7 males, range 16-83 years), referred to the TMJ outpatient clinic of the Dentistry Service of the University Hospital at UNICAMP for evaluation of TMJ pain. They were divided into 2 groups: twenty one with TMJ ID and headaches and 21 with TMJ ID without headaches. We applied the Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD) to diagnose unilateral TMJ related TMD group II (disk displacement) <sup>19</sup>. Examiners were dentists trained and calibrated in these procedures, assessing the presence of joint pain and bruxism. We included subjects with side-related TMJ pain and absence of splint therapy and/or history of facial trauma. Patients with headache were evaluated by a neurologist, who reviewed the headache history, performed a neurological examination and established the diagnosis <sup>8</sup>. We did not establish a time frame in regard to the presence of headaches. Instead, we inquired if headaches interfere with their current lives or if they were using regularly any analgesic medication for headaches.

The control group comprised 16 TMJs of 16 subjects (11 women, 5 men range 26-37 years) who had no current or previous TMD symptoms and denied headaches.

### Data acquisition

All subjects underwent MRI of the TMJ obtained by a 2 Tesla scanner (Elscent Prestige, Haifa, Israel) with surface coils. MRIs were corrected to the horizontal angulation of the long axis of the condyle. T1- weighted SE sagittal images (TR = 650 msec, TE = 22 msec, matrix = 316 x 240, flip 160°, slice thickness = 1,5 mm, field of view = 10x10, NEX 1) were acquired in open and closed mouth position. T2-weighted

FSE sagittal images (TR = 5300 msec, TE = 90 msec, matrix = 216 x 216, flip 160°, slice thickness = 1,5 mm, field of view = 12x12, NEX 2) were acquired in closed mouth position.

#### Imaging assessment of articular disc and joint effusion

A radiologist (ALFC) without prior knowledge of each subject condition established the radiological diagnosis. The position of the disc was determined according to previous established criteria<sup>20</sup> using sagittal images in closed and open mouth position to evaluate disk reduction (anterior disk displacement with reduction or anterior disk displacement without reduction). Joint effusion was identified as an area of high signal intensity in the region of the upper and lower joint spaces on T2 weighted images<sup>17</sup>.

#### Data analysis

Our primary objective was to establish if MRI findings influence the presence of headaches. We used chi-square test or when necessary a Fisher's exact test to determine the association between the clinical and imaging findings. Significance level was established as  $p < 0.005$ . We conducted a secondary analysis in patients with headaches and the presence of bruxing behavior, joint pain and effusion. Due to multiple sequential comparisons, in this case we adjusted the p level downwards to  $p < 0.0125$ .

#### Results

We evaluated 42 joints. The headache diagnosis in the twenty-one affected patients were: 18 had migraine without aura; one had migraine without aura, but with a clear correlation between headache and TMD symptoms and 2 had tension-type headaches. All patients with headaches had a normal neurological examination. None was in regular follow up with a neurologist or using preventive medicine. The only medications reported were over-the-counter analgesics.

We observed that headache patients more frequently reported temporomandibular joint pain in their clinical history than TMJ patients without headache. Eighteen subjects (85%) with headache reported joint pain, while only 3 did not ( $p<0.0125$ ). Meanwhile, only 9 patients without headache had joint pain (Table 1). Bruxing behavior was also more frequently reported by patients with headaches. The frequency of bruxing among headache subjects was 71, 4% ( $p<0.0125$ ), three times higher than the headache free group (Table 2).

Patients with headache exhibited significantly more ID in the MRI than controls ( $p<0.0125$ ) (Table 3). Headaches occurred more frequently in patients with more severe TMJ ID, anterior disk displacement without reduction, (Table 4). Joint effusion was more prevalent in headache patients, with 16 subjects with headache and joint effusion ( $p<0.0125$ ) (Table 5). Patients with joint effusion had a higher prevalence of joint pain ( $p<0.005$ ) (Table 6). Patients with more severe disc displacement also had a higher frequency of joint effusion ( $p<0.005$ ) (Table 7).

In the control group, only 3 subjects had ID of the disc and just one had associated joint effusion.

## Discussion

The main findings of our study are: (1) bruxing behavior seems to be a risk factor for the development of headache in TMJ; (2) headaches in TMD ID are associated with joint pain; (3) patients with joint pain had a higher prevalence of joint effusion in the MRI; (4) headaches were most frequently reported in patients with joint effusion and patients with more severe radiological diagnosis.

TMD is widely accepted as a multifactorial disorder, while headache is a nearly universal human experience, representing the final common expression of a wide variety of assaults upon the human nervous system<sup>21</sup>. In our investigation, our main objective was to understand the pathophysiology of TMJ ID in patients with headache. For that purpose we

chose a control group free of signs and symptoms of TMD and headaches to avoid the presence of heterogeneous pathology and confounding factors.

Most previous studies in TMD and headaches reported tension-type headache as the most frequently headache associated with TMD <sup>22</sup>. In our sample, however, we observed a much higher incidence of migraines. First, not all previous studies, to our knowledge, used a neurologist in the evaluation of the headaches, which might have lead to an inappropriate diagnosis. Second, we studied a hospital-based population, which may have introduced a selection bias in our sample. Migraine is a primary headache, hence it is not a symptom produced by another disorder, but it consists in a disorder itself <sup>23, 24</sup>. Nevertheless, recent evidence suggests that patients with migraines have a higher prevalence of TMJ ID <sup>25</sup> and that headaches related to dental occlusion and dental parafunctions are able to mimic primary migraine headaches <sup>24</sup>. Besides, treatment of the causative disorder improves the headache <sup>24</sup>.

Results of a previous study <sup>11</sup> suggested that patients with unexplained headache should be considered for evaluation of the presence of ID and inflammation of the TMJ. There is a general agreement that TMJ effusion represents an inflammatory response to a dysfunctional disk-condyle relationship <sup>26-28</sup> and more recurrent in painful non-reducing joints <sup>13</sup>. We found that the joint effusion was more frequent in patients with anterior disk displacement without reduction. Our findings confirmed effusion is more frequently encountered in anterior disk displacement without reduction <sup>26</sup> and is associated with joint pain <sup>13</sup>.

TMJ pain and dysfunction may be caused by bruxism <sup>13</sup> and indirectly related to headache <sup>16</sup>. It is well known that minor changes in jaw position could result in large increases in the activity of masticatory muscles <sup>29</sup>. This modification causes articular pain and abnormal mechanical stresses within the joint, resulting in accumulation of irritating agents in the tissue fluid <sup>13</sup> and inflammatory changes in the retrodiskal tissue and synovial membrane leading to subsequent joint effusion <sup>30</sup>. Effusion appeared in just one subject of the control group. In our study, we only identified the presence of effusion characterized by an area of high signal intensity along the articular surface. We did not measure the grade of

this collection. We can theorize that the increase in levels of effusion leads to a susceptibility to headache from accumulation of inflammatory mediators within the joint.

Arthroscopic analysis of synovial fluids in the articular joint demonstrated that they are constituted by prostanoids <sup>31</sup> proinflammatory cytokines <sup>32</sup> and nitric oxide <sup>33</sup>. Takahashi demonstrated that nitric oxide concentration in ID is significantly higher than in normal joints <sup>34</sup>. Nitric oxide functions as a modulator of apoptosis <sup>35, 36</sup> and apoptosis caused by oxidative stress is involved in inflammatory articular diseases <sup>37, 38</sup>. It is also known to regulate blood pressure and vascular tone, as well as function in neural signaling <sup>39</sup>. High concentrations of nitric oxide may lead to a headache attack. We can hypothesize that if joint effusion is present; the possibility of pain to be present is greater. If peripheral sensitization (pain in the joint) is present in a chronic pain with central sensitization and migraine, this could be a trigger of the headache.

## Conclusion

The results of our study suggest that more severe pathology of the TMJ ID noted by MRI might increase the risk of headache in patients presenting to a dental clinic for the evaluation of TMJ symptoms. An interesting follow up study to confirm these findings would entail two steps. At first, patients with primary headaches should have a thorough evaluation for TMD, including MRI. Secondly, assess how treatment of TMD in primary headache patients would affect the control of subsequent attacks in those patients.

## Acknowledgements

This research was supported by a grant from the Foundation of Research of São Paulo State (FAPESP), process 04/02090-8.

## References

1. McNeill C Management of temporomandibular disorders: concepts and controversies. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 510–522.
2. McNeill C, Mohl ND, Rugh JD, Tanaka TT. Temporomandibular disorders: diagnosis, management, education, and research. *J Am Dent Assoc* 1990; 120: 253, 255, 257.
3. Okeson JP, Orofacial pain: guidelines for assessment, diagnosis, and management. Quintessence Publishing Co, Chicago 1996; p. 33–34.
4. De Kanter RJ, Truin GJ, Burgersdijk RC, Van't Hof MA, Battistuzzi PG, Kalsbeek H, et al. Prevalence in the Dutch adult population and a meta-analysis of signs and symptoms of temporomandibular disorders. *J Dent Res* 1993; 72: 150–918.
5. DeRossi SS, Greenberg MS, Sollecito TP, Detre JA. A prospective study evaluating and analyzing the presence of temporomandibular disorders (TMD) in a cohort of patients referred to a neurology clinic for evaluation and treatment of headache. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89: 443.
6. Magnusson T, Carlsson GE. Recurrent headaches in relation temporomandibular joint pain-dysfunction. *Acta Odontol Scand*. 1978; 36: 333–338.
7. Dalkinz M, Pakdemirli E, Beydemir B. Evaluation of Temporomandibular Joint Dysfunction by Magnetic Resonance Imaging Tr. *J. of Med. Sci*. 2001; 31: 337–343.
8. Headache Classification Committee of the International Headache Society. Classification and diagnostic criteria for headache disorders, cranial neuralgia and facial pain, 2nd edn. *Cephalalgia*; 2004; 24 (Suppl. 1):1–160.
9. Schokker RP, Hansson TL, Ansink BJ, Habets LL. Craniomandibular in headache patients. *J Craniomandib Disord*. 1989; 3: 71–4.
10. Schokker RP, Hansson TL, Ansink BJ, Habets LL. Craniomandibular in patients with different types of headache. *J Craniomandib Disord*. 1990; 4: 47–51.

11. Schellhas KP, Wilkes CH; Baker CC. Facial pain, headache, and temporomandibular joint inflammation. *Headache* 1989; 29: 229–32.
12. Ciancaglini R, Radaelli G. The relationship between headache and symptoms of temporomandibular disorder in the general population. *J Dent*. 2001; 29: 93–8.
13. Guler N, Yatmaz PI, Ataoglu H, Emlik D, Uckan S. Temporomandibular internal derangement: correlation of MRI findings with clinical symptoms of pain and joint sounds in patients with bruxing behaviour. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32: 304–10.
14. Rasmussen O.C. Description of population and progress of symptoms in a longitudinal study of temporomandibular joint arthropathy, *Scand J Dent Res* 1981; 89: 196–203.
15. Okeson J.P. Diagnosis of temporomandibular disorders. In: J.P. Okeson, Editor, *Management of temporomandibular disorder and occlusion* (5th ed.), Mosby, St Louis (2003), pp. 321–364.
16. Kreisberg MK. Headache as a symptom of craniomandibular disorders I: Pathophysiology. *Cranio*. 1986; 4: 135–42.
17. Westesson, PL, Brooks S. Temporomandibular joint: relationship between MR evidence of effusion and the presence of pain and disk displacement. *AJR Am J Roentgenol*. 1992; 159: 559–63.
18. Sano T, Westesson PL. Magnetic resonance imaging of temporomandibular joint. Increased T2 signal in the retrodiscal tissue of painful joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 79: 511–516
19. Dworkin SF & LeResche L; Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 1992; 6: 301–355.
20. Katzberg RW. Temporomandibular joint imaging. *Radiology*. 1989; 170: 297–307.



21. Cady R, Schreiber C, Farmer K, Sheftell F. Primary Headaches: A Convergence Hypothesis. *Headache: The Journal of Head and Face Pain* 2002; 42 (3), 204–216.
22. Reik L. The temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome: a frequent cause of headache. *Headache* 1981; 21: 151-156
23. Tepper S. J. Treatment of headache pain with botulinum neurotoxins. *Pain Pract.* 2004 Mar; 4: 38-46.
24. Melis M. and Secci S. Migraine with aura and dental occlusion: a case report. *J Mass Dent Soc.* 2006; 54: 28-30.
25. Scott S. DeRossi, Eric T. Stoopler & Thomas P. Sollecito: Temporomandibular Disorders And Migraine Headache: Comorbid Conditions?: *The Internet Journal of Dental Science.* 2005; Volume 2, Number 1.
26. Sano T, Westesson PL. Magnetic resonance imaging of temporomandibular joint. Increased T2 signal in the retrodiscal tissue of painful joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 79: 511–516.
27. Segami N, Suzuki T, Sato J, Miyamaru M, Nishimura M, Yoshimura H. Does joint effusion on T2 magnetic resonance images reflect synovitis? Part 3. Comparison of histologic findings of arthroscopically obtained synovium in internal derangements of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 95: 761–6.
28. Emshoff R, Gerhard S, Ennemoser T, Rudisch A. Magnetic resonance imaging findings of internal derangement, osteoarthritis, effusion, and bone marrow edema before and after performance of arthrocentesis and hydraulic distension of the temporomandibular joint *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101: 784–90.
29. Rugh JD, Drago DJ. Vertical dimension: a study of clinical rest position and jaw muscle activity. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 670–675.

30. Guler N, Uckan S, Imirzalioglu P, Acikgozoglu S. Temporomandibular joint internal derangement: relationship between joint pain and MR grading of effusion and total protein concentration in the joint fluid. *Dentomaxillofac Radiol*. 2005; 34:175–81.
31. Kubota E, Kubota T, Matsumoto J, Shibata T, Murakami KI. Synovial fluid cytokines and proteinases as markers of temporomandibular joint disease. *J Oral Maxillofac Surg* 1998; 56: 192–198.
32. Segami N, Miyamaru M, Nishimura M, Suzuki T, Kanayama K, Murakami KI. Does joint effusion on T2 magnetic resonance images reflect synovitis? Part 2. Comparison of concentration levels of proinflammatory cytokines and total protein in synovial fluid of the temporomandibular joint with internal derangements and osteoarthritis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 94: 515–521.
33. Suenaga S, Abeyama K, Hamasaki A, Mimura T, Noikura T. Temporomandibular disorders: relationship between joint pain and effusion and nitric oxide concentration in the joint fluid. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30: 214–218.
34. Takahashi T, Kondon T, Kamei K, Seki H, Fukuda RW, Nagai H, et al Elevated levels of nitric oxide in synovial fluid from patients with temporomandibular disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 505-509.
35. Brockhaus F and Brune B. p53 accumulation in apoptotic macrophages is an energy demanding process that precedes cytochrome c release in response to nitric oxide. *Oncogene* 1999; 18: 6403–10.
36. Brune B, von Knethen A and Sandau KB. Nitric oxide (NO): An effector of apoptosis. *Cell Death Differ* 1999; 6: 969–75.
37. Hashimoto S, Takahashi K, Amiel D. et al. Chondrocyte apoptosis and nitric oxide production during experimentally induced osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 41: 1998; 1266–74.

38. Nagai H, Kumamoto H, Fukuda M, Takahashi T. Inducible nitric oxide synthase and apoptosis-related factors in the synovial tissues of temporomandibular joints with internal derangement and osteoarthritis J Oral Maxillofac Surg. 2003; 61: 801–807.
39. Langrer JM, Rosemary A, Hoffman JR, Lancaster JRJ, Simmons RL. Nitric oxide, a new endogenous immuno-modulator. Transplantation 1993; 55: 1205–1212.

## Tables

**Table 1. Relation between headache  
and joint pain in TMD patients**

Headache	Joint pain		Total
	Absent	Present	
<b>Absent</b>	12 (57%)	09 (42, 8%)	21
<b>Present</b>	03 (14, 1%)	18* (85%)	21
<b>Total</b>	15	17	42

\* *P* values were obtained using chi-square test (*P* significant <0,005)

**Table 2. Relation between headache  
and bruxism behavior in TMD patients**

Headache	Bruxism behavior		Total
	Absent	Present	
<b>Absent</b>	16 (76, 1%)	05 (23, 8%)	21
<b>Present</b>	06 (28, 7%)	15* (71, 4%)	21
<b>Total</b>	22	20	42

\* *P* values were obtained using Fischer's exact test (*P* significant <0.0125)

**Table 3. Relation between MRI diagnoses of joints  
in study group and controls**

Headache	Internal derangement		Total
	Absent	Present	
<b>Absent</b>	33 (56, 9%)	09 (15, 5%)	42
<b>Present</b>	03 (5, 1%)	13* (24, 5%)	16
<b>Total</b>	36	22	58

\* *P* values were obtained using Fischer's exact test (*P* significant <0.0125)

**Table 4. Relation between MRI diagnoses of ID  
and headache**

Headache	MRI diagnostic of ID		Total
	ADDR	ADDWR	
<b>Absent</b>	12	02	14
<b>Present</b>	08	10*	18
<b>Total</b>	20	12	32

ID: internal derangement

ADDR: anterior disk displacement with reduction

ADDWR: anterior disk displacement without reduction

\* *P* values were obtained using Fischer's exact test (*P* significant <0.0125)

**Table 5. Relation between joint effusion  
and headache in TMD patients**

Joint effusion	Headache		Total
	Absent	Present	
<b>Absent</b>	18 (42, 8%)	05 (11, 9%)	23
<b>Present</b>	03 (7, 1%)	16* (38 %)	19
<b>Total</b>	21	21	42

\**P* values were obtained using Fischer's exact test (*P* significant <0.0125)

**Table 6. Relation between joint pain  
and joint effusion in TMD patients**

Joint effusion	Joint pain		Total
	Absent	Present	
<b>Absent</b>	14 (33, 3%)	09 (21, 4%)	23
<b>Present</b>	01 (2, 3%)	18* (42, 8%)	19
<b>Total</b>	15	27	42

\**P* values were obtained using Fischer's exact test (*P* significant <0.0125)

**Table 7. Relation between MRI diagnoses of ID  
and Joint effusion in patients' and controls' groups**

Joint effusion	MRI diagnostic of ID		Total
	ADDR	ADDWR	
<b>Absent</b>	14	0	14
<b>Present</b>	7	12 <sup>*</sup>	19
<b>Total</b>	21	12	33

ID: internal derangement

ADDR: anterior disk displacement with reduction

ADDWR: anterior disk displacement without reduction

<sup>\*</sup>*P* values were obtained using Fischer's exact test (*P* significant <0.0125)

## ARTIGO 2

### Surgical and Radiologic Anatomy; submetido

#### Evaluation of the temporomandibular joint using magnetic resonance imaging in a 3D reconstruction model

##### Authors:

André L. F. Costa<sup>1</sup> e-mail: *alfcosta@gmail.com*

Clarissa Lin Yassuda<sup>1</sup> e-mail: *clarissa.yasuda@gmail.com*

Simone Appenzeller<sup>1</sup> e-mail: *appenzellersimone@yahoo.com*

Sérgio L. P. C. Lopes<sup>1</sup> e-mail: *segiro@gmail.com*

Fernando Cendes<sup>1</sup> e-mail: *fcendes@unicamp.br*

1) Laboratory of Neuroimaging / Department of Neurology, School of Medicine, State University of Campinas (UNICAMP)

**Address correspondence to:** Dr Fernando Cendes, Laboratory of Neuroimaging, Department of Neurology, State University of Campinas, Cidade Universitaria Zeferino Vaz, CEP 13083970 Campinas-SP-Brazil

**Tel:** +55 19 35219217

**Fax:** +55 19 3521-7483

**E-mail:** fcendes@unicamp



**Abstract:**

**Objective:** The aim of this work was to define the diagnostic value of a method for 3D reconstruction for the assessment of temporomandibular joint.

**Material and Methods:** Sixty subjects, 42 diagnosed with unilateral temporomandibular disorders (TMD) with disc displacement and 18 without signs or symptoms of TMD (control group) were included. All subjects had both temporomandibular joints scanned by MRI. Three dimensional imaging reconstructions of temporomandibular joint were generated by segmentation software, allowing visualization of the components of temporomandibular joint (articular disc, condyle and temporal bone) on arbitrary planes.

**Results:** Disc displacement was observed in 81 % of 3D reconstruction and 83 % of conventional MRI. 3D reconstruction was the same performed when compared with conventional MRI.

**Conclusion:** The present analysis suggested that 3D reconstruction is a useful and accurate method for the assessment of the temporomandibular joint in TMD ID.

**Keywords:** temporomandibular joint; magnetic resonance imaging; three dimensional image; diagnostic imaging

## INTRODUCTION

The temporomandibular joint (TMJ) is a synovial joint between the condyle of mandible and glenoid fossa of squamous temporal bone<sup>1</sup>. Interposed between the osseous articular surfaces of the joint is a fibrous cartilage disc.

Temporomandibular disorder (TMD) is a heterogeneous group of disorders affecting the temporomandibular joints, the masticatory muscles, or both, with a reported prevalence of 5–12%<sup>2-4</sup>. TMJ internal derangement (TMD ID) is the most frequent type of TMD and is characterized by several stages of dysfunction that involve the condyle-disk relationship<sup>5, 6</sup>. The most frequent type of disc displacement described has been anterior disc displacement<sup>7, 8</sup>.

Imaging of TMJ is step up in the diagnostic of TMD in addition to its clinical findings<sup>9</sup>. Magnetic resonance imaging (MRI) of the TMJ is the up-to-date diagnostic, widely used as it yields excellent anatomic detail in static examination with high sensitivity, specificity and accuracy<sup>10</sup>. MRI allows analysis of disc position in both sagittal and coronal planes, as well as, dynamic assessment of condylar translation and disc movement during opening and closing, disc morphology, joint effusions, synovitis<sup>11-15</sup>. However, the spatial resolution of MRI may not be sufficient for accurate imaging of all structures of TMJ, do not exhibit detectable contrast and thus remain poorly visible or invisible at anatomical MRI leading a wrong diagnosis.

Three dimensional reconstruction technique has been introduced in the study of the TMJs with good results and potential advantages to diagnosis support.

The aim of the present study was to evaluate a 3D reconstruction method to visualization of TMJ in a group of patients with TMD ID, comparing to conventional MRI, which was considered the standard of reference.

## MATERIAL AND METHODS

### *Study design*

A total of 60 individuals were studied. The patient group consisted of 42 consecutive subjects (35 females, 7 males; range 16-83 years), referred to TMJ ambulatory of Dentistry Service of the University Hospital at UNICAMP, Campinas for evaluation of TMJ complaints. We applied the Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (RDC/TMD) <sup>15</sup> to diagnose unilateral TMJ related TMD internal derangements (disc displacement with and/or without reduction). Examiners were dentists trained and calibrated in these procedures.

The control group comprised of 18 healthy subjects (13 women, 5 men; range 22-39 years) which had no previous or present clinical signs and symptoms of TMJ disorders including pain, no previous or present treatment for TMJ disorders, no joint sound on auscultation with a stethoscope or palpable noises. They underwent MRI for research purpose only. Criteria for excluding patients were: signs and symptoms that characterize history of trauma, rheumatic disease and splint appliance therapy. All patients and controls signed an informed consent approved by the Ethics Committee of our university hospital.

### *MRI protocol*

All subjects underwent bilateral MRI of the TMJ obtained in a 2 Tesla scanner (Elscent Prestige, Haifa, Israel) with surface coils of 40 mm of diameter, placed parallel to the patient's face in the TMJ region. Axial images (parallel to the horizontal plane) were acquired using spin echo sequence (SE), T1 weighted (T1W), repetition time (TR) 650 ms, spin echo time (TE) 22 ms, section thickness (ST) of 1,5 mm, field of view (FOV) 100 x 100 mm and a matrix 316 x 240, flip angle of 160°, NEX 1. Among these images, we selected to each side, the one that showed the best view of the condyle. These images were named "localizer section" and were used to determinate the parasagittal sections (perpendicular to the long axis of the condyle); images were acquired in open and closed mouth position. In the open mouth position, a stepped plastic bite-block was placed between the upper and lower incisors.

## Imaging assessment

MR images were assessed by a radiologist (ALFC) without prior knowledge of each clinical subject diagnosis. The position of the disc was determined according to previous established criteria for normal disc position versus disc displacement<sup>16</sup>. Normal disc position was defined as the posterior band of the disc being located at the superior or 12 o'clock position relative to the condyle, using sagittal images in closed and open mouth position to evaluate disc reduction. The status of the disc was analyzed in the sagittal plane only and defined: 1) normal disc position; 2) anterior disc displacement with reduction; and 3) anterior disc displacement without reduction.

The MRI of every patient was evaluated twice by the same radiologist. The first time soon after the examination was performed and the second time when all the images had been collected. Results were analysed with the statistical test Cohens kappa.

## *3D image reconstruction*

We used the software MRICro ([www.mricro.com](http://www.mricro.com)) to convert the high resolution T1-weighted images acquired in DICOM format to the ANALYZE format.

After format conversion, we used an image analysis software (ITK-SNAP, <http://www.itksnap.org/download/snap/>) to segment the joint. ITK-SNAP is a free interactive image segmentation software developed to implement an active contour segmentation of anatomical structures, allowing regional segmentation by employing user-initialized deformable implicit surfaces that evolves to the most appropriate border between neighboring structures (17). With manual segmentation, the reader draws a line around the structures, choosing different colors to each anatomic structure. Subsequent to the segmentation, the software generated 3D images, enabling to scroll through the data and to view the images and reconstructed contours on arbitrary image planes (Fig 1). The software can separate a component from its neighboring structures; this allows evaluating an area that is hidden by others.

### Segmentation rules

Segmentation is the process by which appropriate image points (voxels) are assigned to a specific anatomic structure. Images were randomized in order to prevent the operator to be aware of the condition (patient or control) from the scan he was segmenting. Manual segmentation was performed by the same radiologist that assed MRI, drawing a line around the articular borders (temporal bone, condyle and disc), enclosing all the structure, on every single MRI slice with a computer mouse. The operator selected the points to produce a visually appropriated tracing of the surface contour, following carefully and making the appropriated realignment of the region of interest. When necessary, the process was repeated for each image slice until the TMJ had been fully segmented.

For the 3D reconstruction, the complaint side of TMJ of TMD patients was considered only. For the control group, it was randomly selected a single side. The total number of joints studied were 60.

### *3D imaging assessment*

The analyses of 3D reconstruction images were performed by an independent radiologist (SLPCL) in close and open mouth position, without knowledge of patient's clinical or MRI findings. The position of the disc was determined according to the same criteria of MRI (16). The images were evaluated twice by the same operator. Figure 2 illustrates 3D reconstruction obtained in a multiple series.

### *Data analysis*

The statistical analysis was carried out using chi-square testing to compare MRI findings and 3D reconstruction in patients and controls. All analyses were performed using Systat 7.0 for Windows package (SPSS, Inc., Chicago, Illinois).

## RESULTS

The mean age of the 42 patients was 32.1 years (+ -SD= 10.7) and the mean age of volunteers was 29.9 years (+ -SD = 14.4).

The disc status in MRI and 3D reconstruction in all subjects groups are summarized in Figure 3. In control group, normal disc position was established in 15 subjects on MRI, 14 on 3D reconstruction. Anterior disc displacement without reduction was seen in 2 subjects on MRI and in 3 on 3D reconstruction. Only one subject showed anterior disc displacement without reduction on MRI and 3D reconstruction.

In the group of patients, anterior disc displacement with reduction was the most common finding, seen in 22 patients on MRI, 23 on 3D reconstruction. Twelve patients had anterior disc displacement without reduction on MRI and 3D reconstruction. Normal disc position was seen in 8 patients on MRI and 7 on 3D reconstruction. Chi-square testing revealed an acceptable agreement for diagnostic accuracy ( $p = 0.9$ ) between MRI findings and 3D reconstruction in control group and patients group.

Concordance of two examinations of MRI performed by the same radiologist was high (Cohen's kappa < 0.89). Concordance of evaluation of diagnostic value of 3D reconstruction by the same radiologist on different occasions was similar with MRI diagnostic (Cohen's kappa < 0.9).

## DISCUSSION

MRI is certainly the most powerful imaging technique to demonstrate TMJ anatomy at the present time, offering an invaluable method for data acquisition from TMJ and providing a full evaluation of all the TMD components<sup>13, 16</sup>. However, multiple grey MRI sections are difficult to assess<sup>18</sup>. Many structures do not exhibit detectable contrast and thus remain poorly visible or invisible at anatomical MRI.

The need for accurate visualization of hard and soft tissues lead the reconstruction of 2D imaging into 3D to become an important tool for understanding anatomical structures. On the other hand, there have only been a few works so far that evaluated a 3D reconstruction of TMJ<sup>18-21</sup> and there have been no reports that showed a comparison between MRI and 3D reconstruction evaluation of diagnostic of internal derangements.

In the present study, we investigated a computer model of the TMJ generated from MRI. The ability to obtain good quality 3D images was found to be dependent on MRI resolution, slice thickness, and patient compliance, as showed in a previous study<sup>18</sup>. We adopted a manual segmentation technique that an operator freely draws a boundary on an image to indicate the location of the desirable object on a computer. Automated methods can quickly segment with little or no user interaction by using signal intensity information. Nevertheless, automated methods can be sensitive to image contrast and signal-to-noise ratio which can potentially result in grossly inaccurate positioning of the object boundary. However, our manual segmentation from MR images can be an arduous process until anatomical boundaries of all structures of TMJ had been precisely defined in all slices of MRI.

Several studies have shown that the clinical evaluation of the TMJ status is unpredictable<sup>22</sup> and therefore, the need for diagnostic imaging is understandable. So, MRI is widely used as the gold standard in TMD patients. The 3D reconstruction gives the possibility of multi-directional observation of TMD and colored all their components to help the visualization and diagnosis.

The role of 3D reconstruction in the assessment of disc displacement deserves special consideration. Three dimensional reconstructions showed an excellent correlation with MRI according to predictable disc displacement. In this study, internal derangement was found on 3D reconstruction in 39 subjects, in thirty seven of whom they were proven on MRI. There, our results support that 3D reconstruction may be a useful additional tool in the diagnosis of TMD.

## CONCLUSION

The present analysis is a useful method for the diagnostic of the TMJ ID and can be successfully applied as a complementary analyze. The manual segmentation process reported here is an attempt to establish a foundation for future technique. An interesting follow up study will include two steps. At first, the testing of automatic segmentation. Secondly, evaluate lateral and medial disc displacements and assess structural bone changes.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by a grant from the Foundation of Research of São Paulo State (FAPESP), process 04/02090-8.



## REFERENCES

1. Styles C, Whyte A. MRI in the assessment of internal derangement and pain within the temporomandibular joint: a pictorial essay. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2002; 40: 220-228.
2. e Bont LG, Dijkgraaf LC, Stegenga B. Epidemiology and natural progression of articular temporomandibular disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 83: 91–96
3. eResche L. Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. *Crit Rev Oral Biol Med* 1997; 8: 291–305
4. Dworkin SF, Huggins KH, LeResche L, Von Korff M, Howard J, Truelove E, et al. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *J Am Dent Assoc* 1990; 120: 273–281
5. Guler N, Yatmaz PI, Ataoglu H, Emlik D, Uckan S. Temporomandibular internal derangement: correlation of MRI findings with clinical symptoms of pain and joint sounds in patients with bruxing behaviour. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32: 304–10.
6. Rasmussen O.C. Description of population and progress of symptoms in a longitudinal study of temporomandibular joint arthropathy, *Scand J Dent Res* 1981; 89: 196–203
7. RW Katzberg, MF Dolwick, CA Helms, T Hopens, DJ Bales and GC Coggs, Arthrotomography of the temporomandibular joint, *AJR Am J Roentgenol* 134 (1980), pp. 995–1003
8. PL Westesson, Double-contrast arthrotomography of the temporomandibular joint: introduction of an arthrographic technique for visualization of the disc and articular surfaces, *J Oral Maxillofac Surg* 41 (1983), pp. 163–172
9. Limchaichana N, Petersson A, Rohlin M The efficacy of magnetic resonance imaging in the diagnosis of degenerative and inflammatory temporomandibular joint disorders: a systematic literature review *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 521-536.

10. Foucart JM, Carpentier P, Pajoni D, Marguelles-Bonnet R, C. Pharaboz C. MR of 732 TMJs: anterior, rotational, partial and sideways disc displacements, *Eur J Radiol* 1998; 28: 86–94
11. Books SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollander L, Lurie AG, Omnell KA, Westesson PL, White SC. Imaging of the temporomandibular joint. A position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial radiology, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83 1997; 83: 609–618
12. Emshoff R, Brandlmaier I, Gerhard S, Strobl H, Bertram S, A. Rudisch A. Magnetic resonance imaging predictors of temporomandibular joint pain, *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 705–714
13. Matsuda S, Yoshimura Y, Lin Y. Magnetic resonance imaging assessment of the temporomandibular joint disk displacement, *Int J Oral Maxillofac Surg* 1994; 23: 266–270
14. Whyte AM, McNamara D, Rosenberg I, Whyte A.W. Magnetic resonance imaging in the evaluation of temporomandibular joint disc displacement - a review of 144 cases. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2006; 35: 696-703
15. Dworkin SF & LeResche L; Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 1992; 6: 301–355.
16. Katzberg RW. Temporomandibular joint imaging. *Radiology*. 1989; 170: 297–307.
17. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, Gerig G. User guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage* 2006; 31: 1116-1128
18. Chu SA, Skultety KJ, Suvinen TI, Clement JG, Price C. Computerized three-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions of temporomandibular joints for both a model and patients with temporomandibular pain dysfunction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995; 80: 604-611.

19. Motoyoshi M, Sadowsky PL, Bernreuter W, Fukui M, Namura S. Three-dimensional reconstruction system for imaging of the temporomandibular joint using magnetic resonance imaging. *J Oral Sci.* 1999; 41:5-8.
20. Kitai N, Eriksson L, Kreiborg S, Wagner A, Takada K. Three-dimensional reconstruction of TMJ MR images: a technical note and case report. *Cranio* 2004; 22: 77-81
21. Chirani RA, Jacq JJ, Meriot P, Roux C. Temporomandibular joint: A methodology of magnetic resonance imaging 3-D reconstruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 756-761.
22. Westesson PL, Yamamoto M, Sano T, Okano T (2003) Temporomandibular joint; In Som P.M., Curtin H.D. (eds): *Head and Neck Imaging*, ed 4. St Louis, Mosby, pp 995-1053.

## Figures

Fig.1 Image showing the segmented structures of TMJ in sagittal plane: a) temporal bone; b) articular disc; c) condyle.

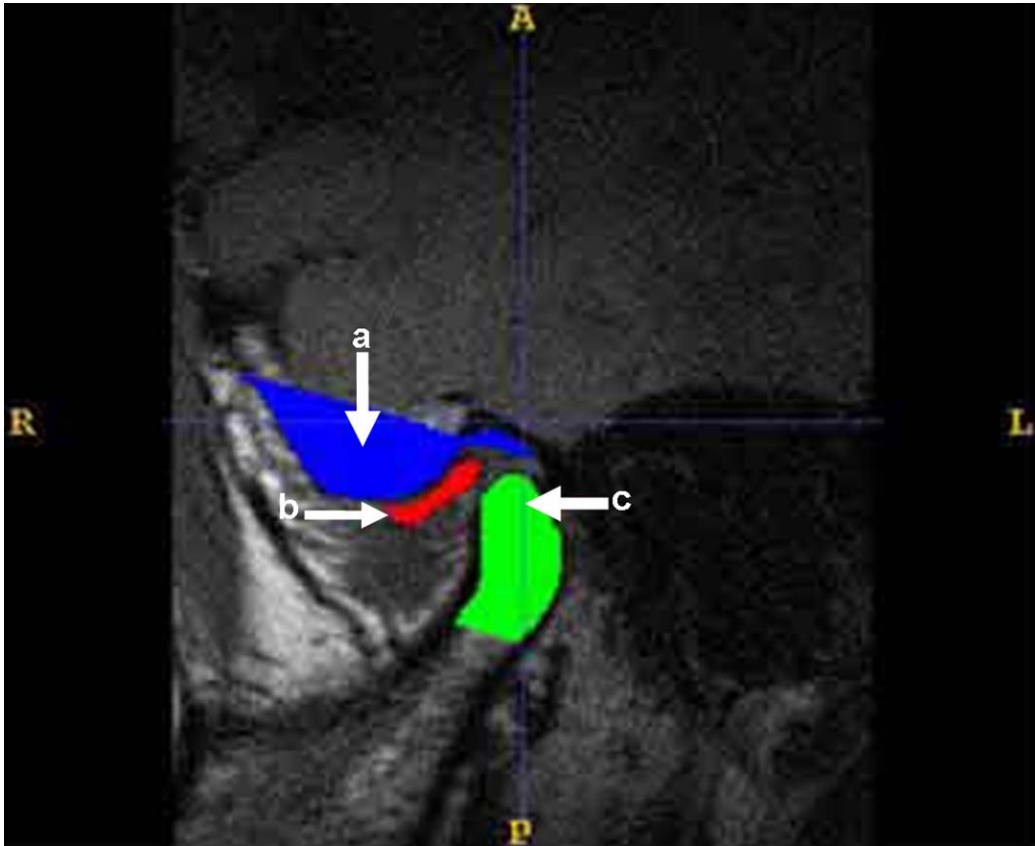


Fig. 2 Multiple series of three-dimensional reconstruction of the TMJ in closed mouth position from MR images taken from a patient with anterior disc displacement with reduction.

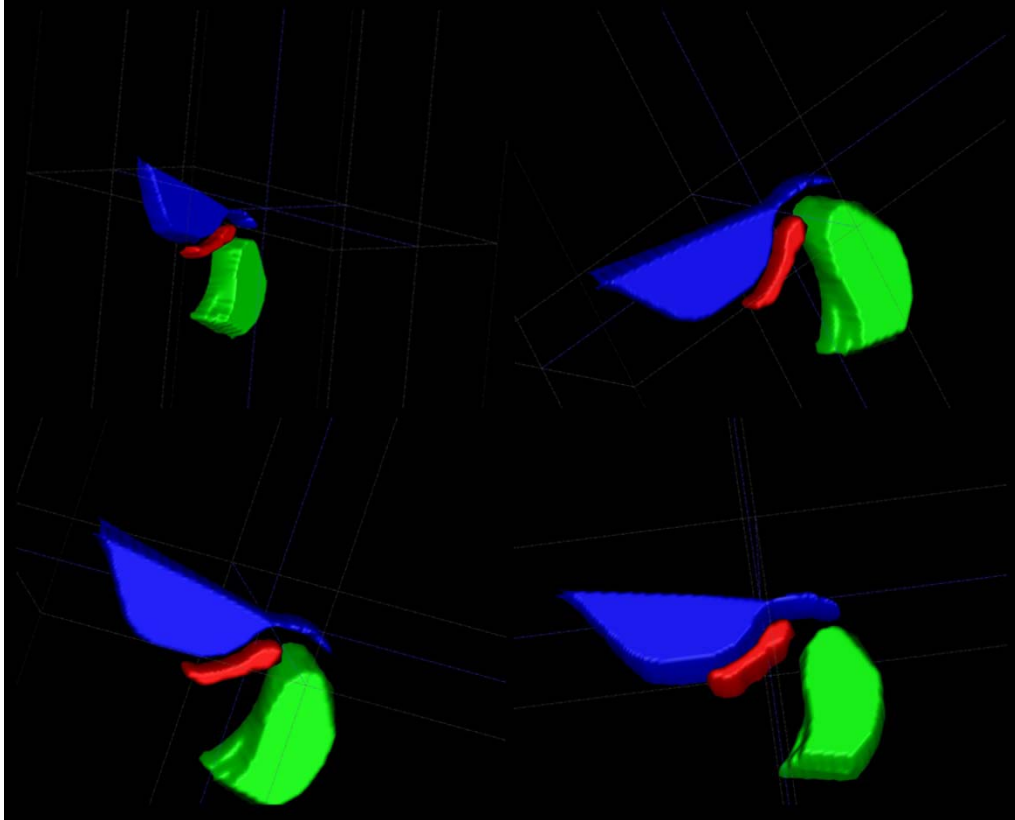
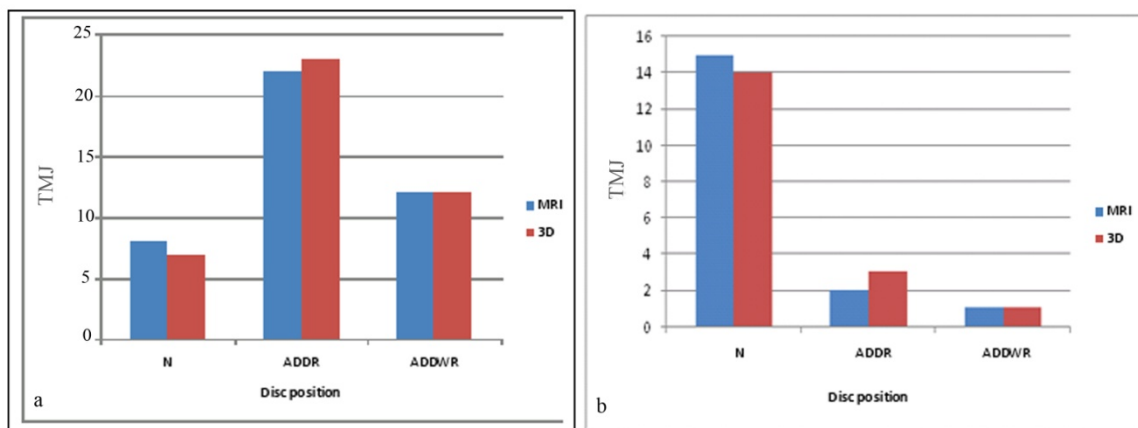


Figure 3 - TMJ disc position in MRI and 3D reconstruction in patient group (a) and control group (b).



## **ARTIGO 3**

### **Dentomaxillofacial Radiology; submetido**

**Title:** Measurement of articular disc volumes of temporomandibular joints from MR images using a 3D image software

**Short title:** TMJ disc: a volume analysis

**Authors:** André Luiz Ferreira Costa; Clarissa Lin Yasuda; Sérgio L. P. C. Lopes; Fernando Cendes.

**Affiliation:** Laboratory of Neuroimaging/Dept of Neurology, School of Medicine, State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, Brazil

**Address correspondence to:** Dr Fernando Cendes, Department of Neurology, State University of Campinas (UNICAMP), Cidade Universitaria Zeferino Vaz, CEP: 13083970, Campinas, SP, Brazil.

**Phone:** +55 19 3521-9217

**Fax:** +55 19 35217483

**E-mail:** fcendes@unicamp.br

**Keywords:** temporomandibular joint, MR imaging, temporomandibular dysfunction, bruxism, effusion, 3D image, volume

**Abstract:**

**Objective:** This study was designed to quantify the volume of the articular disc in temporomandibular joints from patients with temporomandibular disorder (TMD).

**Methods:** Sixty subjects, 42 diagnosed with TMD with unilateral disc displacement (patients group) and 18 without signs or symptoms of TMD (control group) were included. All subjects had MRI of both TMJ. We used a 3D software to measure the articular disc volume of temporomandibular joints (TMJ) of patients with TMD and compared the results with normal controls. In addition, we performed two other comparisons of disc volumes: (i) patients with TMD with joint effusion versus those without and (ii) patients with TMD with bruxism behavior versus those without. We used Fisher's exact test for frequency distributions and the u-test (Mann-Whitney) to compare disc volume differences between groups.

**Results:** We found a significant decrease of TMJ disc volumes in the group of patients with TMD compared to the control group ( $p < 0.001$ ). In addition, we found that disc volumes were significantly smaller in joints from patients with effusion versus those without ( $p < 0.001$ ); as well as in patients with bruxism behavior compared those without ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** We found significant reduction of TMJ disc volume in patients with TMD when compared to normal controls. Furthermore, the reduction of TMJ disc volume was more pronounced in the subgroup of patients with bruxism behavior as well as in those with joint effusion.

**Keywords:** volume; segmentation; Magnetic resonance imaging; temporomandibular joint



## INTRODUCTION

Temporomandibular joint (TMJ) is a synovial joint between the condyle of mandible and glenoid fossa of squamous temporal bone<sup>1</sup>. The articular disc is a biconcave fibrocartilaginous structure that separates the bones and is considered the most important anatomic structure of the joint. The intermediate zone (thinnest part of the disc) is situated between the bones and prevents articular damage in both closed and opened mouth position<sup>2</sup>.

Different clinical conditions that involve the masticatory musculature, TMJ and associated structures are grouped as temporomandibular disorders (TMD)<sup>3</sup>. Previous studies estimated that 3.6% to 7.0% of individuals in North America have significant signs and symptoms of TMD that require intervention<sup>4, 5</sup>. Internal derangement (ID) of the TMJ is accepted as the most common form of TMD<sup>6</sup>. In the early stages of ID, the disc retains its normal shape. However, in the late stages of the disease, the displaced disc becomes deformed by thickening of the posterior band and there is also a reduction in the mass of both anterior band and central thin area, leading to a biconvex or rounded disc<sup>2, 7</sup>. Irregular and rounded morphologic features of the disc are commonly considered to be a sign of illness<sup>2, 8-10</sup>

Magnetic resonance image (MRI) has been extensively used to identify disc displacement in temporomandibular disorders (TMD).<sup>11, 12</sup>. However, the MRI scans have not been used to quantify the volume of the disc. The 3-dimensional (3D) coverage of the cartilaginous region permits direct quantification of cartilage's volume, thickness, and surface area, allowing us to correlate it with the presence of pain, stiffness, and dysfunction of TMJ.

The purpose of this work is to evaluate the articular disc from MR images of TMJs, using an image processing software that permits manual segment and quantification of the cartilage volume.

## MATERIALS AND METHODS

We selected 42 consecutive subjects with TMJ dysfunction, referred to TMJ ambulatory of Dentistry Service of the University Hospital at State University of Campinas (UNICAMP) for evaluation of TMJ dysfunction. All patients were clinically evaluated through a standardized examination (RDC/TMD guidelines<sup>4</sup>) in order to specifically select patients with TMD associated to disc displacement. Bruxism behavior was also clinically diagnosed from the patient's history. We excluded patients with presence of bilateral joint disease, previous splint therapy or history of trauma in the face.

The control group comprised of 18 subjects who had no current or previous TMD symptom. All patients and controls signed an informed consent approved by the Ethics Committee of our institution.

### *Data acquisition*

All subjects underwent MRI of both TMJs in a 2 Tesla scanner (Elscent Prestige, Haifa, Israel) with surface coils, according to the following protocol. The scans were corrected to the horizontal angulation of the long axis of the condyle. We acquired T2-weighted FSE sagittal images (TR = 5300 ms, TE = 90 ms, matrix = 216 x 216, flip 160°, slice, as well as high resolution T1-weighted SE sagittal images (TR = 650 ms, TE = 22 ms, matrix = 316 x 240, flip 160°, slice thickness = 1,5 mm, field of view = 10x10, NEX 1; voxel size: 0.32x0.32x1.5mm<sup>3</sup>) in open and closed mouth position. We used the T1-weighted SE sagittal images in closed mouth position for volumetric analyses.

### *Assessment of scans:*

### *Visual analysis:*

One author (ALFC), with expertise in MRI of TMJ, evaluated disc displacement and joint effusion on scans; he was blinded to clinical diagnoses in subjects.

### Image segmentation:

We used the software MRICro ([www.mricro.com](http://www.mricro.com)) to convert the high resolution T1-weighted images acquired in DICOM format to the ANALYZE format.

After format conversion, we used an image analysis software (ITK-SNAP, <http://www.itksnap.org/download/snap/>) to segment the articular discs. ITK-SNAP is an interactive image segmentation software developed to implement an active contour segmentation of anatomical structures, allowing regional segmentation by employing user-initialized deformable implicit surfaces that evolves to the most appropriate border between neighboring structures<sup>13</sup>.

Subsequent to the manual segmentation, a 3D graphical rendering of the volumetric object allows navigation between voxels in the volumetric image<sup>13</sup>, enabling to scroll through the data.

### Segmentation protocol

Segmentation is the process by which appropriate image points (voxels) are assigned to a specific anatomic structure. Images were randomized in order to prevent the operator to be aware of the subjects' condition (patient or control). Manual segmentation was performed by the same radiologist drawing a line around the articular disc borders, enclosing all the structure, on every single MRI slice with a computer mouse. The operator selected the points to produce a visually appropriated tracing of the surface contour, following carefully and making appropriate realignments of the region of interest. When necessary, the process was repeated for each image slice until the disc had been fully segmented. Figures 1 and 2 show segmentations in one patient and one control.

During segmentation, care was taken to identify regions of disc thinning. Any regions of disc associated with damaged bony surfaces were carefully examined before inclusion into the segmentation.

### Statistical analysis

We used Fisher's exact test to compare the distribution of gender between groups. We used the u-test (Mann Whitney) to compare TMJ disc volumes and age differences between groups. The level of significance was  $p < 0.05$ . All analyses were performed using Systat 7.0 for Windows package (SPSS, Inc., Chicago, Illinois).

## **RESULTS**

We obtained data from all subjects; no datasets were excluded from quantitative analysis. A total of 120 TMJs from 42 patients (37 women, mean  $\pm$  SD age of  $32.2 \pm 10.8$  years) and 18 controls (13 women, mean  $\pm$  SD age of  $29.9 \pm 14.5$  years) were included. We did not find statistical difference comparing age ( $p = 0.184$ ) or gender ( $p = 0.149$ ) between the two groups.

TMJ disc volumes from TMD patients were significantly reduced on the affected side (mean  $\pm$  SD  $226.541 \pm 118.100 \text{ mm}^3$ ), compared to the non affected side (mean  $\pm$  SD  $421.980 \pm 68.698 \text{ mm}^3$ ),  $p < 0.0001$ . Controls had no significant differences of TMJ disc volumes between right side (mean  $\pm$  SD  $458.567 \pm 98.748 \text{ mm}^3$ ) and left side (mean  $\pm$  SD  $447.012 \pm 61.049 \text{ mm}^3$ ) (Figure 3). The comparison of TMJ disc volume between the affected side on patients' group and right or left side from controls was also statistically different,  $p < 0.0001$ .

Among the group of patients with TMD, 20 had bruxism behavior. Considering only the affected side on TMD patients, the disc volumes from those with bruxism ( $159.469 \pm 53.84 \text{ mm}^3$ ) were reduced when compared to those without bruxism ( $287.516 \pm 128.17 \text{ mm}^3$ ),  $p < 0.0001$ . Figure 4.

The visual analysis allowed us to detect joint effusion on affected TMJ in 19 patients. Only one of the controls had joint effusion on MRI visual analysis. We found that disc volumes were significantly smaller in joints from TMD patients with effusion versus those without effusion ( $p < 0.001$ ; Figure 5).

## DISCUSSION

This study presents a computational method for analyzing the articular disc volumes of TMJ with TMD, focusing on 2 characteristics of the subjects: joint effusion and bruxing behavior.

TMD is a multifactorial process characterized by changes in structure and function of the joint. Although MRI is currently the gold-standard imaging technique for diagnosing disc injuries, which can manifest as intrinsic disc lesions (e.g., changes in shape and signal intensity) or disc displacement<sup>2</sup>, this method can not characterize specific changes in degradation and subsequent loss of articular cartilage. The comprehension of the progress of the TMD, along with the evaluation of the volume and thickness of the cartilage, can lead us to more efficacious and specifically treatment strategies

Disc displacement is a commonly accepted condition in internal derangement of the TMJ, and is the result of increased friction of the articulating surfaces, which also causes reduced disc/condyle mobility<sup>6, 14, 15</sup>. Jaw muscle activity during nocturnal bruxism has been reported to occur as a continuous isometric contraction lasting from several seconds to as long as 10 minutes<sup>16</sup>; consequently, the articular soft tissues on TMJs from persons with bruxism are put under chronic sustained compression<sup>17</sup>, may alter the connective tissue of the TMJ<sup>18</sup>, stretching of the collateral discal ligaments with subsequent anterior disc displacement<sup>19</sup> and may induce degenerative changes of articular disc<sup>20</sup> which become thinner<sup>21</sup>. In our study, we noted that the presence of bruxism behavior is related to more pronounced volume reduction of cartilage in affected TMJs.

Effusion seen on T2 weighted images is greater in painful joints with internal derangement<sup>22, 23</sup>. Previous studies showed that effusion of the TMJ might be associated with increased inflammatory level in the TMJ<sup>24-26</sup>. It is generally believed that pathological destruction of articular tissue occurs when articular remodeling does not maintain a balance between its structure and function<sup>27</sup>, especially in individuals with bruxism<sup>28</sup>. This might reflect the increased vascularity of the joint tissue in response to the displaced disc<sup>29</sup> and the resultant joint fluid may be a factor of pain. Our study indicates that the articular disc volume was significantly reduced in both subgroups of patients with TMD, those with joint

effusion and bruxism. We can speculate that inflammatory fluid stimulates the destruction of articular cartilage and, consequently, generates pain.

The use of high resolution imaging sequences involves moderately long imaging times, and under *in vivo* conditions it is difficult to keep the patients entirely motionless during the MRI acquisition. Efforts should be made to develop specialized image protocols that can optimize a fast 3D data with high spatial resolution.

Presently, this type of analysis allows for a global assessment of the volume of the disc, but not yet for determining focal changes which may occur in the earliest stage of the TMD. We advise caution when making generalizations on the basis of our results because of the relatively small number of subjects. Other limitation of our study is that only one observer measured disc volumes, so interobserver variability was not assessed.

The assessment of cartilage volume compartments is very relevant to the disc damage, as this structure is intimately related to both the condyle and the temporal bone; therefore, it is likely that the disc damage will affect both bones.

In conclusion, our data showed a significant reduction of TMJ disc volume in patients with TMD which is more pronounced in those who also present with joint effusion, bruxism behavior, or both. The decrease of cartilage disc volume may be a key parameter for assessing the clinical course of TMD and could be used as a biological marker for monitoring response of different forms of treatment.

**Acknowledgement:** This project was supported by grant #04/02090-8 from FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

## References

- (1) Styles C, Whyte A. MRI in the assessment of internal derangement and pain within the temporomandibular joint: a pictorial essay. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2002; **40**: 220-228.
- (2) Tomas X, Pomes J, Berenguer J, Quinto L, Nicolau C, Mercader JM et al. MR imaging of temporomandibular joint dysfunction: a pictorial review. *Radiographics*. 2006; **26**: 765-781.
- (3) Winocur E, Hermesh H, Littner D, Shiloh R, Peleg L, Eli I. Signs of bruxism and temporomandibular disorders among psychiatric patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007; **103**: 60-63.
- (4) Dworkin S.F., LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examination and specifications, critique. *Journal of Craniomandibular Disorders*. 1992; **6**: 301-355.
- (5) Schiffman EL, Friction JR, Haley DP, Shapiro BL. The prevalence and treatment needs of subjects with temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc*. 1990; **120**: 295-303.
- (6) Takatsuka S, Yoshida K, Ueki K, Marukawa K, Nakagawa K, Yamamoto E. Disc and condyle translation in patients with temporomandibular disorder. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005; **99**(5): 614-621.
- (7) Katzberg RW. Temporomandibular joint imaging. *Anesth Prog*. 1990; **37**(2-3):121-126.
- (8) Katzberg RW, Westesson PL. Magnetic resonance imaging. *Cranio Clin Int*. 1991; **1**: 93-116.
- (9) Chu SA, Skultety KJ, Suvinen TI, Clement JG, Price C. Computerized three-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions of temporomandibular joints for both a model and patients with temporomandibular pain dysfunction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995; **80**: 604-611.

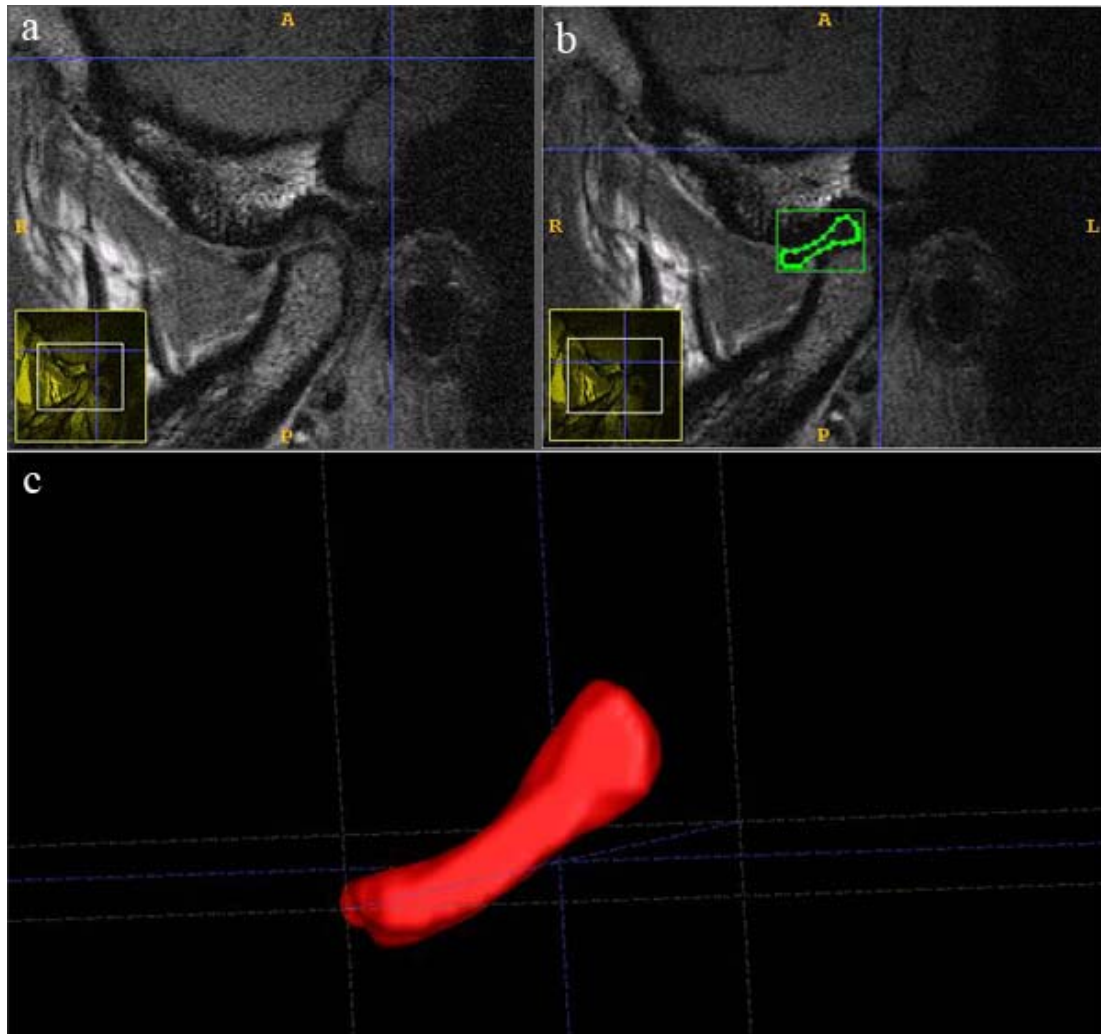
- (10) Murakami S, Takahashi A, Nishiyama H, Fujishita M, Fuchihata H. Magnetic resonance evaluation of the temporomandibular joint disc position and configuration. *Dentomaxillofac Radiol.* 1993; **22**: 205-207.
- (11) Emshoff R, Brandlmaier I, Gerhard S, Strobl H, Bertram S, Rudisch A. Magnetic resonance imaging predictors of temporomandibular joint pain. *J Am Dent Assoc.* 2003; **134**: 705-714.
- (12) Emshoff R, Brandlmaier I, Bertram S, Rudisch A. Relative odds of temporomandibular joint pain as a function of magnetic resonance imaging findings of internal derangement, osteoarthritis, effusion, and bone marrow edema. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; **95**: 437-445.
- (13) Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage.* 2006; **31**: 1116-1128.
- (14) Larheim TA, Westesson PL, Hicks DG, Eriksson L, Brown DA. Osteonecrosis of the temporomandibular joint: correlation of magnetic resonance imaging and histology. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999; **57**: 888-898.
- (15) Manfredini D, Tognini F, Zampa V, Bosco M. Predictive value of clinical findings for temporomandibular joint effusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; **96**: 521-526.
- (16) Rugh JD, Ohrbach R. Occlusal parafunction. *Textbook of Occlusion.* Chicago: Quintessence Publishing Co; 1988: 249-261.
- (17) Takenami Y, Kuboki T, Acero CO, Jr., Maekawa K, Yamashita A, Azuma Y. The effects of sustained incisal clenching on the temporomandibular joint space. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; **28**: 214-218.
- (18) Milam SB, Zardeneta G, Schmitz JP. Oxidative stress and degenerative temporomandibular joint disease: a proposed hypothesis. *J Oral Maxillofac Surg* 1998; **56**: 214-223.



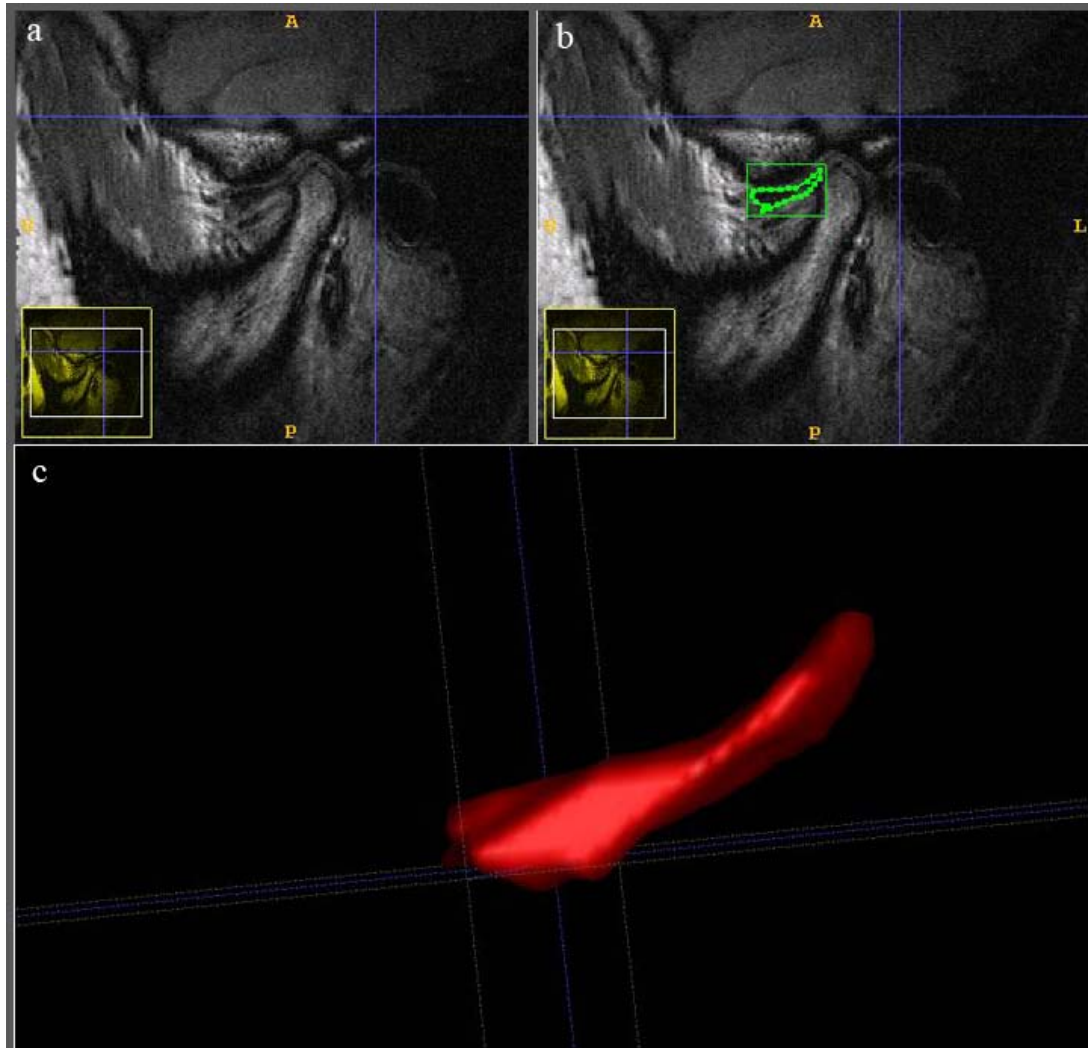
- (19) Kreisberg MK. Headache as a symptom of craniomandibular disorders. I: Pathophysiology. *Cranio* 1986; **4**:135-142.
- (20) Sener S, Akgunlu F. Correlation of different MRI characteristics of anterior disc displacement with reduction and without reduction. *J Contemp Dent Pract* 2005; **6**: 26-36.
- (21) Molinari F, Manicone PF, Raffaelli L, Raffaelli R, Pirroni T, Bonomo L. Temporomandibular joint soft tissue pathology, I: Disc abnormalities. *Semin Ultrasound CT MR*. 2007; **28**: 192-204.
- (22) Westesson PL, Brooks SL. Temporomandibular joint: relationship between MR evidence of effusion and the presence of pain and disk displacement. *AJR Am J Roentgenol*. 1992; **159**: 559-563.
- (23) Guler N, Uckan S, Imirzalioglu P, Acikgozoglul S. Temporomandibular joint internal derangement: relationship between joint pain and MR grading of effusion and total protein concentration in the joint fluid. *Dentomaxillofac Radiol*. 2005; **34**: 175-181.
- (24) Takahashi T, Nagai H, Seki H, Fukuda M. Relationship between joint effusion, joint pain, and protein levels in joint lavage fluid of patients with internal derangement and osteoarthritis of the temporomandibular joint. *J Oral Maxillofac Surg*. 1999; **57**:1187-1193.
- (25) Schellhas KP, Wilkes CH, Baker CC. Facial pain, headache, and temporomandibular joint inflammation. *Headache*. 1989; **29**: 229-232.
- (26) Stegenga B, Broekhuijsen ML, de Bont LG, Van Willigen JD. Bite-force endurance in patients with temporomandibular joint osteoarthritis and internal derangement. *J Oral Rehabil*. 1992; **19**: 639-647.
- (27) Sano T, Westesson PL. Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint. Increased T2 signal in the retrodiskal tissue of painful joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995; **79**: 511-516.
- (28) Yano K, Sano T, Okano T. A longitudinal study of magnetic resonance (MR) evidence of temporomandibular joint (TMJ) fluid in patients with TMJ disorders. *Cranio*. 2004; **22**: 64-71.

## Figures

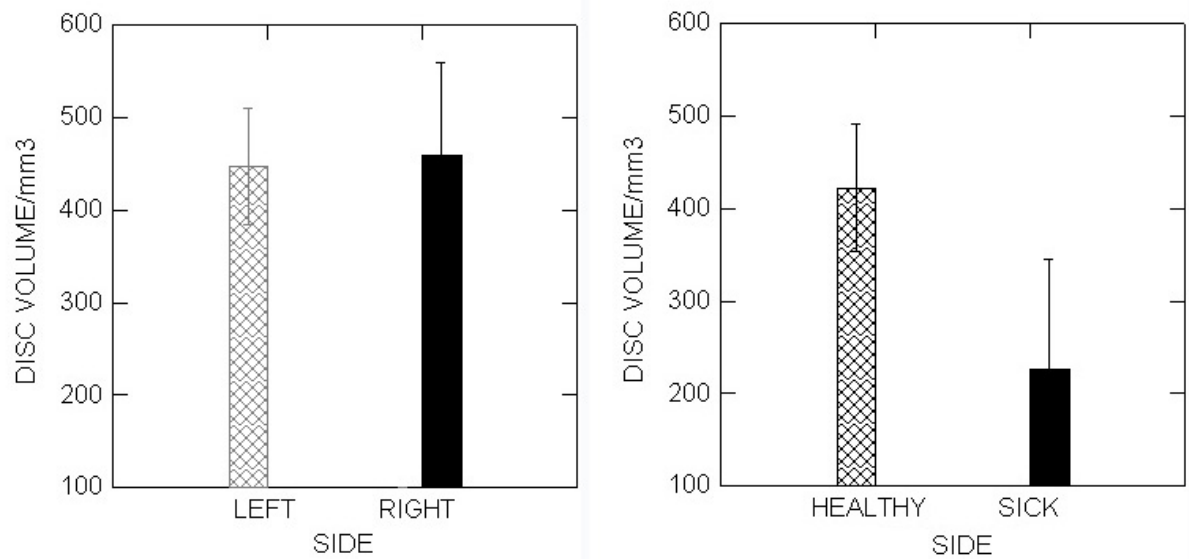
**FIGURE 1.** MR images showing the segmentation of a normal TMJ disc of using ITK/SNAP software: **a-** sagittal T1 weight MRI of TMJ; **b-** contour segmentation of the TMJ disc; **c-** 3D reconstruction of the TMJ disc.



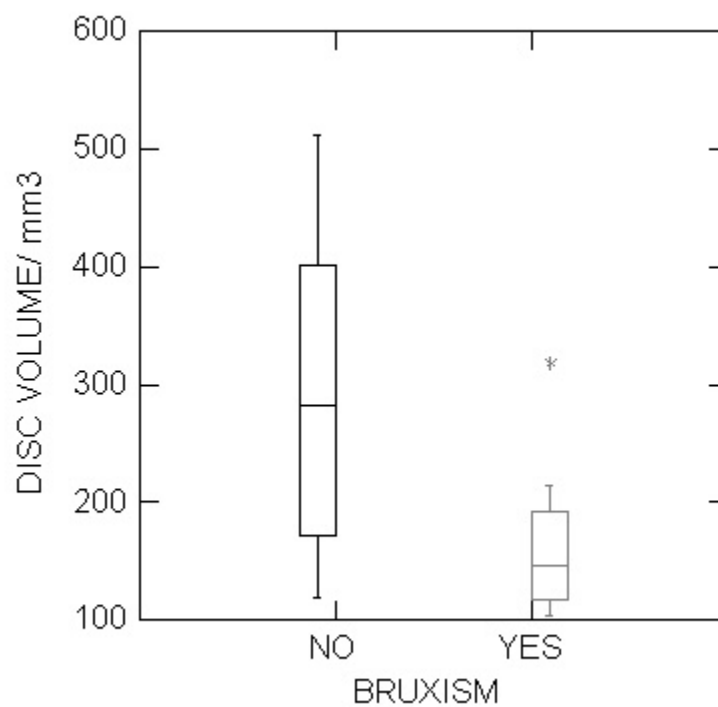
**FIGURE 2.** MR images showing the segmentation of a TMJ disc with internal derangement using ITK/SNAP software: **a-** sagittal T1 weight MRI; **b-** contour segmentation of the TMJ disc; **c-** 3D image of the TMJ disc.



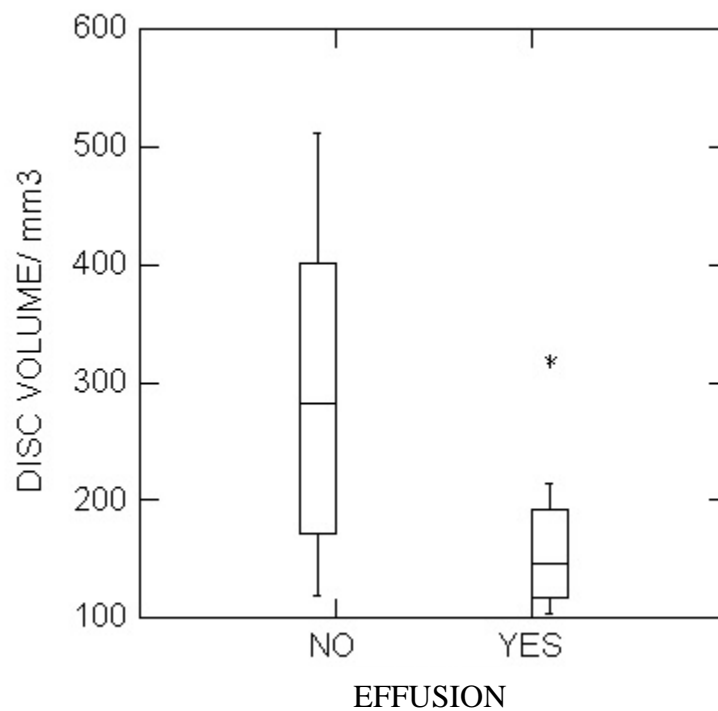
**FIGURE 3** Comparison between mean disc volume ( $\text{mm}^3$ ) from both sides of TMJs (gray bars) of control group and comparison between mean disc volume ( $\text{mm}^3$ ) between the side with internal derangement (ID) and the healthy side of TMJs in the group of patients (black bars).



**FIGURE 4.**Comparison between disc volumes ( $\text{mm}^3$ ) from TMD patients with bruxism (side with internal derangement) and TMD patients without bruxism.



**FIGURE 5.** Comparison between mean disc volume ( $\text{mm}^3$ ) from TMD patients with joint effusion (side with ID) and TMD patients without joint effusion.



## **6- DISCUSSÃO**

## 6.1- Discussão

A relação entre cefaléia e desordem da ATM é freqüente e evidenciada em inúmeros trabalhos (Reik & Hale, 1981; Ash et al., 1988; Magnusson & Carlsson, 1978; Kreisberg, 1986 e Schokker et al., 1991). Porém, existem controvérsias se são entidades distintas ou se a cefaléia em pacientes com DTM seria uma resposta à desordem (DeRossi et al, 2005) que com outros fatores, como bruxismo, estresse e ansiedade perpetuam e agravam o desconforto do paciente (Schokker et al., 1989, Schokker et al., 1990). Devido a essa sobreposição é difícil definir a etiologia da cefaléia na DTM (Kreisberg, 1986).

A oclusão dentária apresenta papel importante como fator predisponente que altera o sistema mastigatório suficientemente para incrementar o risco para desenvolver disfunção de ATM. Os hábitos parafuncionais e a má-oclusão dentária induziriam a produzir micro-traumas na ATM desenvolvendo-se assim lesões degenerativas no côndilo e no disco articular (Guler et al., 2003).

A avaliação clínica dos pacientes estudados mostrou que a presença de bruxismo e dor na ATM nos indivíduos com cefaléia é significativa, com a cefaléia migrânea prevalecendo, segundo a avaliação neurológica.

No artigo 1, reforçamos que a dor articular e bruxismo estão ligados como observado por Guler et al. em 2003. No exame por RM, procuramos anormalidades estruturais e funcionais na ATM. Confirmamos que os pacientes com DTM têm maior freqüência de cefaléia que os controles. Além disso, no artigo 1, se evidencia uma maior porcentagem de DI em pacientes com cefaléia. Quando o disco encontra-se deslocado, o côndilo posiciona-se mais posteriormente causando o estiramento do ligamento retrodiscal, provocando dor e inflamação (Kreisberg, 1986). Também notamos uma forte correlação entre efusão articular, cefaléia e sintomatologia dolorosa. A efusão é caracterizada por se tratar de uma área de inflamação e um dos seus componentes é o óxido nítrico. É notório que o aumento da concentração de óxido nítrico potencializa mecanismos vasculares e neurogênicos e pode estar ligada às crises de cefaléia. A efusão articular e cefaléia já haviam sido vinculados em estudo anterior (Schellhas et al., 1989). Desta forma, nosso



trabalho fortalece a hipótese que se há efusão, a possibilidade do desencadeamento de cefaléia é grande.

Por meio da reconstrução em 3D utilizando a RM, medidas volumétricas podem ser obtidas por meio da computação gráfica para análise quantitativa e morfológica do complexo maxilo-mandibular (Motoyoshi et al., 1999; Chu et al., 2001), permitindo ainda, melhor visualização dos tecidos e componentes da imagem estudada (Chu et al., 2001; Kitai et al., 2004; Chirani et al., 2004). Com esse intuito, utilizamos o *software* ITK/SNAP para segmentar os exames de RM. A segmentação foi realizada manualmente com delineação anatômica das estruturas de interesse. Foi realizada a classificação quanto ao DI das articulações de nossa amostra nos dois métodos, por dois observadores independentes, apresentados no artigo 2. Tanto a reconstrução 3D como a RM mostraram-se um método eficazes para a localização e visualização de estruturas anatômicas da ATM, tornando a avaliação precisa. Além disso, os três componentes da articulação segmentados podiam ser analisados separadamente e com cores diferentes, facilitando sua análise.

A RM é um método não-invasivo, de maior sensibilidade na identificação de anormalidades intra-articulares da ATM (Milano et al., 2000; Larheim, 2005) e tem sido considerada útil não apenas no diagnóstico, mas também na decisão terapêutica de pacientes com DTM (Foucart, 1998). Assim, a validação de um método de reconstrução em 3D não apenas ajuda no diagnóstico de pacientes com suspeita de DTM, mas também auxilia na elucidação da etiologia da doença.

A segmentação da ATM também possibilitou a determinação do volume dos discos articulares para verificação de possíveis anormalidades, como apresentado no artigo 3. Os valores de volume fornecidos pelo software quando comparados mostraram uma significativa redução dos discos com DI em relação aos das ATM normais dos mesmos pacientes ou quando comparados com os discos dos indivíduos do grupo controle. Notamos que essa diminuição foi significativa em pacientes com bruxismo ou efusão. O significado dessa redução de volume dos discos das ATMs com DTM em pacientes com bruxismo reflete um ponto discutível na patogênese do DI. Postula-se que o bruxismo leve ao desgaste e/ou ao estiramento dos ligamentos intra-articulares promovendo alterações na

inserção do disco articular (Guler et al., 2003) e inflamação na articulação, observada com uma área de hipersinal em T2 (Schellhas et al., 1989; Guler et al., 2003). Nossos resultados podem refletir esse desgaste e formação de edema na articulação, ocasionado a redução dos discos.

## **7- CONCLUSÕES**

1. Nossos resultados sugerem que quanto maior o grau de patologia de DI maior a frequência de cefaléia em pacientes com DTM.
2. A reconstrução em 3D foi eficaz tanto para o diagnóstico do deslocamento do disco articular como na visualização das estruturas da ATM.
3. A análise do volume do disco articular pode funcionar como um marcador biológico para verificação do grau de DTM e contribuir para o seguimento e tratamento da doença.

## **8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ad Hoc Committee on Classification of Headache. JAMA 1962 Mar 3; 179: 717.
- Ash MM, Ramfjord SP, Schimidseser J. Oclusão e ATM. São Paulo: Santos; 1988.
- Cacchiotti DA, Plesh O, Bianchi P, McNeill C Signs and symptoms in samples with and without temporomandibular disorders. J Craniomandib Disord. 1991; 5(3):167-72.
- Carlsson GE, Kopp S, Wedel A. Analysis of background variables in 350 patients with TMJ disorders as reported in self-administered questionnaire. Community Dent Oral Epidemiol. 1982; 10: 47-51.
- Chirani R.A, Jacq JJ, Meriot P, Roux C. Temporomandibular joint: A methodology of magnetic resonance imaging 3-D reconstruction. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004; 97: 756-761
- Chu SA, Skultety KJ, Suvinen TI, Clement JG, Price C. Computerized three-dimensional magnetic resonance imaging reconstructions of temporomandibular joints for both a model and patients with temporomandibular pain dysfunction. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995; 80: 604-611.
- Dalkiz M, Pakdemirli E, Beydemir B. Evaluation of Temporomandibular Joint Dysfunction by Magnetic Resonance Imaging Tr. J. of Med. Sci. 2001; 31: 337–343.
- DeRossi S. S., Stoopler E. T., Sollecito T. P: Temporomandibular Disorders And Migraine Headache: Comorbid Conditions?. The Internet Journal of Dental Science. 2005. Volume 2 Number 1
- Farsi NMA. Symptoms and signs of temporomandibular disorders and oral parafunctions among Saudi children. J Oral Rehabil. 2003; 30: 1200-8.
- Fonseca DM. Diagnóstico pela anamnese da disfunção craniomandibular. Rev Gaúcha Odontol. 1994; 42(1): 23-8.
- Forssell K, Happonen RP, Forssell H Synovial chondromatosis of the temporomandibular joint. Report of a case and review of the literature. Int J Oral Maxillofac Surg. 1988 17(4): 237-241.

Foucart JM, Carpentier P, Pajoni D, MArguelles-Bonnet R, Pharaboz C. MR of 732 TMJs: anterior, rotational, partial and sideways disc displacements. *European Journal of Radiology*. 1998; 28: 86-94.

Gonçalves N. Aspectos radiográficos da articulação temporomandibular In: Freitas, A; Rosa, J. E.; Faria & Souza, I. *Radiologia Odontológica* 2nd ed. Artes Médicas, 1988. p.240-246.

Guler N, Yatmaz PI, Ataoglu H, Emlik D, Uckan S. Temporomandibular internal derangement: correlation of MRI findings with clinical symptoms of pain and joint sounds in patients with bruxing behaviour. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32: 304–310.

Harms, S. E. et al. The temporomandibular joint: magnetic resonance imaging using surface coils. *Radiology*, Oak Brook 1985;157 (1): 133-136.

Headache Classification Committee of the International Headache Society. Classification and diagnostic criteria for headache disorders, cranial neuralgia and facial pain, 2nd edn. *Cephalalgia*; 2004; 24 (Suppl. 1):1 160.

Held P, Moritz M, Fellner C, Behr M, Gmeinwieser J. Magnetic resonance of the disk of the temporomandibular joint. MR imaging protocol. *Clin Imaging*. 1996; 20(3): 204-211.

Kaplan AS; Assael LA Temporomandibular disorders: diagnosis and treatment. Philadelphia: W.B. Saunders, 1991, p. 754.

Katzberg RW. Temporomandibular joint imaging. *Radiology*. 1989; 170: 297–307.

Katzberg, R. W. et al. Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint meniscus. *Oral Surg*. 1985; 59 (4): 332-335.

Kitai N, Eriksson L, Kreiborg S, Wagner A, Takada K. Three-dimensional reconstruction of TMJ MR images: a technical note and case report. *Cranio* 2004; 22: 77-81

Kreisberg MK. Headache as a symptom of craniomandibular disorders I: Pathophysiology. *Cranio*. 1986; 4: 135–42.

Lamey PJ, Barclay SC. Clinical effectiveness of occlusal splint therapy in patients with classical migraine. *Scott Med J*. 1987 32(1): 11-12.

Larheim T. A, Westesson P, Sano T. Temporomandibular joint disk displacement: comparison in asymptomatic volunteers and patients. *Radiology*. 2001; 218(2):428-432.

Larheim, T. A. Role of magnetic resonance imaging in the clinical diagnosis of the temporomandibular joint. *Cells Tissues Organs*. 2005; 180(1):6-21

Magnusson T, Carlsson GE. Recurrent headaches in relation temporomandibular joint pain-dysfunction. *Acta Odontol Scand*. 1978; 36: 333–338.

Melis M, Secci S. Migraine with aura and dental occlusion: a case report. *J Mass Dent Soc*. 2006 54 (4):28-30.

Milano V, Desiate A, Bellino R, Garofalo T. Magnetic resonance imaging of temporomandibular disorders: classification, prevalence and interpretation of disc displacement and deformation. *Dentomaxillofac Radiol*. 2000; 29 (6): 352-361.

Molin C, Carlsson GE, Friling B, Hedegard B. Frequency of symptoms of mandibular dysfunction in young Swedis men. *J Oral Rehabil*. 1976; 3(1): 9-18.

Motoyoshi M, Sadowsky PL, Bernreuter W, Fukui M, Namura S. Three-dimensional reconstruction system for imaging of the temporomandibular joint using magnetic resonance imaging. *J Oral Sci*. 1999; 41:5-8.

Okeson, J. P. Fundamentos de oclusão e desordens temporomandibulares. 2. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1993, p.137.

Oliveira W. Contribuição ao estudo da freqüência de sintomas subjetivos, relatados como queixa principal, por pacientes com disfunção craniomandibular. [dissertação]. São José dos Campos: UNESP/ Faculdade de Odontologia de São José dos Campos; 1992.

Palácios-Moreno AM, Chilvalquer I, Luz JGC. Achados radiográficos, sinais e sintomas nas disfunções da articulação temporomandibular. *Rev Fac Odontol São Paulo*. 1997; 11(4): 273-278.

Palla S. Mioartropatias do sistema mastigatório e dores orofaciais. São Paulo: Artes Médicas.



Rayne J Functional anatomy of temporomandibular. J Oral Maxillofac Surg 1987; 25 (2): 92-99.

Reik L; Hale M. The temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome: a frequent cause of headache. Headache 1981; 21: 151-156

Sano T, Westesson PL. Magnetic resonance imaging of temporomandibular joint. Increased T2 signal in the retrodiscal tissue of painful joints. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 79: 511-516.

Schokker RP, Hansson TL, Ansink BJ, Habets LL. Craniomandibular in patients with different types of headache. J Craniomandib Disord. 1990; 4: 47-51.

Schokker RP, Hansson TL, Ansink BJ, Habets LL. Craniomandibular in headache patients. J Craniomandib Disord. 1989; 3: 71-4.

Schellhas KP, Wilkes CH; Baker CC. Facial pain, headache, and temporomandibular joint inflammation. Headache 1989. 29: 229-32.

Segami N, Suzuki T, Sato J, Miyamaru M, Nishimura M, Yoshimura H. Does joint effusion on T2 magnetic resonance images reflect synovitis? Part 3. Comparison of histologic findings of arthroscopically obtained synovium in internal derangements of the temporomandibular joint. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2003; 95: 761-766.

Shankland WE. Migaine and tension-type headache rediction through pericranial muscular suppression: a preliminary report. J Craniomandibular Pract. 2001; 19: 269-278.

Solberg WK, Bibb CA, Nordström BB, Hansson TL. Malocclusion associated with temporomandibular joint changes in young adults at autopsy. American Journal of Orthodontics 1986; 89 (4): 326-330.

Speciali J G Classificação das Cefaléias. Revista do hospital das Clínicas e da Faculdade de medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo - Brasil, Ribeirão Preto, v. 30, n. 4, 421-427, 1997

Stovner LJ, Zwart JA, Hagen K, Terwindt GM, Pascual J. Epidemiology of headache in Europe. *Eur J Neurol*. 2006 Apr;13(4):333-45

Tasaki MM, Westesson PL, Raubertas RF. Observer variation in interpretation of magnetic resonance images of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 76 (2): 231-234, 1993.

Wänman A, Agerberg G. Relationship between signs and symptoms of mandibular dysfunction in adolescents. *Community Dent Oral Epidemiol*. 1986; 14(4):225-230.

Westesson, PL, Brooks S. Temporomandibular joint: relationship between MR evidence of effusion and the presence of pain and disk displacement. *AJR Am J Roentgenol*. 1992; 159: 559–563.

Yang X, Pernu H, Pyhtinen J, Tiilikainen PA, Oikarinen KS, Raustia AM. MR abnormalities of the lateral pterygoid muscle in patients with nonreducing disk displacement of the TMJ. *Cranio*. 2002; 20(3):209-21.